Untersuchungen über Verwitterungsböden kristallinischer Gesteine.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Philosophischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

ACAD. LAUDERAT. BIBL.

vorgelegt von

Kurt Busch

aus Schönburg (Provinz Sachsen).

Halle a. S.
Buchdruckerei Hohmann
1911.

Referent: Geh. Regierungsrat Prof. Dr. F. Wohltmann.

Meinen lieben Eltern.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544701_0009

Inhaltsübersicht.

A Einleitung.

B. Die geologische Beschaffenheit der untersuchten Böden

C I Die mechanische Bodenanalyse.
- a) Der Hilgardsche Schlämmapparat.
  Beschreibung des Apparates.
- b) Wasserzufuhr.
- c) Feststellung der Stromgeschwindigkeiten.
- d) Ueber Flockung der kleinsten Teile.
- e) Das Rührwerk.
- f) Der Hilgardsche Apparat im Vergleich zu anderen.
- g) Größe der abgeschlämmten Teile
- h) Ausführung der Schlämmanalyse
- i) Mechanische Zusammensetzung der untersuchten Böden
- k) Bedeutung der mechanischen Bodenanalyse.

II. Physikalische Bodenuntersuchungen.
- a) Die Hygroskopizität
  Definition und Bestimmung derselben.
- b) Beziehung zur Bodenoberfläche.
- c) Verhalten der Sande zur Hygroskopizität.

III Die chemische Bodenanalyse
- a) Analytische Methode
- b) Resultate des heißen, salzsauren Auszuges.
- c) Die Resultate der Bauschanalysen
  Die Sesquioxyde, Alkalien, Kalk, Magnesia und Phosphorsäure.

d) Die Karbonate in den verschiedenen Korngrößen.
e) Mineraltrennung
1. Herstellen der spezifisch schweren Flüssigkeit
2. Die mineralogische Zusammensetzung der Gesteine
Das spezifische Gewicht der Mineralien
3. Beziehung zwischen Nährstoffgehalt und mineralogischer Zusammensetzung der einzelnen Korngrößen.
IV. Zusammenfassung.

A. Einleitung.

Nach Ramann[1]) wird der Boden durch die Schlämmanalyse in Stoffgruppen zerlegt, die einen verschiedenen chemischen Charakter aufweisen. Dementsprechend ist durch Keilhack[2]) bei Untersuchungen von Bodenteilen verschiedener Größe des Geschiebemergels festgestellt worden, daß die größten und feinsten Bodenteile einen hohen Karbonatgehalt besitzen, daß dagegen die sandigen Bildungen arm an dieser Verbindung sind. Zu einem anderen Ergebnis kam Meyer[3]). Er fand, daß sich für die Verteilung der Karbonate von Kalk und Magnesia in den einzelnen Korngrößen des Bodens keine festen Gesichtspunkte aufstellen lassen. Von Sachse[4]) und

---

[1]) Ramann: Bodenkunde 2. Aufl. 1905. S. 217.

[2]) Keilhack: Einführung in das Verständnis der geologisch-agronomischen Spezialkarten des norddeutschen Flachlandes. Berlin 1901. S. 27.

[3]) Meyer: Die Kalkverbindungen der Ackererden und die Bestimmung des assimilierbaren Kalkes im Boden. Landw. Jahrbücher 1900. Bd 29. S 943.

[4]) Sachse: Der Löß in landwirtschaftlicher Beziehung. Chem. Zentralblatt Vollständiges Repertorium für alle Zweige der reinen und angewandten Chemie. VII. Jahrg. Bd 1 S. 752.

Borzuchowski[1]) ist festgestellt worden, daß die abschlämmbaren Teile stets kalireicher waren.

Puchners[2]) Untersuchungen hatten das Ergebnis, daß mit abnehmender Korngröße deren Gehalt an Eisen und Tonerde zunimmt, der Gehalt an Kali dagegen abnimmt.

Bei den letztgenannten Untersuchungen sind nur die feinsten Bestandteile berücksichtigt worden, so daß man aus ihnen über die Verteilung der Pflanzennährstoffe in den groben Teilen keinen Aufschluß erhalten kann. Um diese Lücke auszufüllen sind in vorliegender Arbeit Bodenteile bis zu einem Durchmesser von 5 mm zur Untersuchung herangezogen worden.

Bei allen oben angeführten Untersuchungen sind nur sekundäre Böden verwendet worden. Es blieb also ferner die Frage offen, ob die für diese Böden gefundenen Resultate auch für die anderen Ursprunges Geltung haben. Um einen Beitrag zu ihrer Lösung zu liefern, sind zu den von mir angestellten Untersuchungen primäre Böden kristallinischer Gesteine verwendet worden und zwar Verwitterungsböden von Diabas, Granit und Basalt.

---

[1]) Borzuchowski: Zusammenhang der Menge der im gesamten Ackerboden und in den abschlämmbaren Teilen enthaltenen Pflanzennährstoffe mit der Fruchtbarkeit des Bodens. Diss. Leipzig 1893.

[2]) Puchner: Ueber die Verteilung von Nährstoffen in den verschiedenen feinen Bestandteilen des Bodens. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen. 1907. Bd. LXVI. S. 467.

B. Die geologische Beschaffenheit der untersuchten Böden.

Die Bodenproben, die von mir persönlich entnommen sind, entstammen folgenden Orten: (bezeichnet nach den Blättern der geologischen Landesaufnahme):

1. Diabas: Blatt Zeulenroda, aus der Nähe von Zeulenroda;
2. Granit: Sektion Freiberg, vom Plateau oberhalb Niederbobritzsch-Naundorf;
3. Basalt: vom Vogelsberg, Sektion Alsfeld aus der Nähe von Hopfgarten.

Der Diabasboden ist ein durchlässiger Lehmboden, der wegen seines Nährstoffreichtumes sehr fruchtbar ist, aber zuweilen unter Trockenheit zu leiden hat. Den sehr wenig verwitterten und wasserdurchlässigen Untergrund bildet sandiger Grus, der auch als Bausand Verwendung findet.

Der Granitboden ist ein sandiger Lehmboden, dessen Ackerkrume ziemlich flach ist, da das in geringer Tiefe anstehende Gestein ein tiefes Pflügen nicht zuläßt.

Der Basaltboden ist ein strenger tiefgründiger Lehmboden.

Zur Bodenprobeentnahme wurde jedesmal eine Grube hergestellt, deren Wände senkrecht mit dem Spaten abgestochen wurden. Zunächst wurde die Ackerkrume genau bis zu ihrer unteren Grenze ausgehoben und auf einem untergelegten Tuche gemischt. Nach Entfernen der größten Steine wurde hiervon eine Probe genommen und mit Oberkrume bezeichnet. In gleicher Weise wurde von der darunter liegenden Schicht, dem Untergrund, in einer Mächtigkeit von 25 cm eine Probe genommen.

Bezeichnet sind die Böden:

D. O.	. . . . .	Diabas — Oberkrume
D. U.	. . . . .	Diabas — Untergrund
G. O.	. . . . .	Granit — Oberkrume
G. U.	. . . . .	Granit — Untergrund
B. O.	. . . . .	Basalt — Oberkrume
B. U.	. . . . .	Basalt — Untergrund.

I. Die mechanische Bodenanalyse.

a) Der Hilgardsche Schlämmapparat.

Die mechanische Analyse wurde mit dem Hilgardschen [1] [2] Schlämmapparat ausgeführt. Dieser besteht aus einer zylindrischen Schlämmröhre von 34,8 mm Durchmesser und 290 mm Höhe, einer halbkugelförmigen Messinghülse und einem konischen Glasbecher, der zur Aufnahme des Bodens dient.

---

[1]) Wollny: Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. 2. 1879. S 57

[2]) The centrifugal method of mechanical soil analysis. Bureau of soils. Bulletin 24.

Der Becher hat in seiner oben abschließenden Messingplatte zwei Durchbohrungen, von denen die eine das Einflußrohr aufnimmt, während die zweite zum Aufschrauben der halbkugelförmigen Messinghülse dient. Diese schließt ein Rührwerk in sich ein. Das Rührwerk, dessen horizontale Welle in wasserdichten Stopfbüchsen läuft, wird durch eine an die Wasserleitung angeschlossene Turbine angetrieben. Zwischen der Messinghülse und den aufgeschraubten Schlämmzylinder befindet sich ein Sieb von 0,8 mm Maschenweite.

Als oberer Abschluß des Zylinders dient ein Kork, dessen Durchbohrung das Abflußrohr aufnimmt.

Durch das Vermeiden konischer Teile sollen nach den Angaben Hilgard's die Fehler, die durch diese während der Schlämmanalyse hervorgerufen werden, verhindert werden. In dem konischen Teile der Schlämmgefäße macht sich während der Analyse nicht nur eine Strömung von unten nach oben, sondern auch eine solche an der Wandung in absteigender Richtung geltend.

Die Regelung des Wasserstandes wird durch einen mit einem Zeiger versehenen Hahn bewirkt. Die Spitze des Zeigers bewegt sich auf einem Kreisbogen, auf dem die empirisch festgestellten Zeigerstellungen aufgetragen sind, die bestimmten Stromgeschwindigkeiten entsprechen.

b) Wasserzufuhr.

Zur Schlämmanalyse wurde destilliertes Wasser verwendet. Das Wasser wurde dem Apparat durch eine hochgestellte Mariottesche Flasche zugeführt, die ihrerseits wieder aus einer 25 Liter fassenden Flasche gespeist wurde. Die Füllung des letztgenannten Wasserbehälters wurde durch eine Wasserstrahlluftpumpe bewerkstelligt.

c) Feststellung der Stromgeschwindigkeit.

Um im Apparate immer möglichst gleichbleibenden Wasserdruck und demnach gleichmäßige Stromgeschwindigkeiten zu erhalten, war zwischen der Mariotteschen Flasche und dem Regulierhahn ein Wasserstandrohr, wie es Wahnschaffe[1]) angibt, angebracht.

Das unter dem Schlämmzylinder befindliche als Rührwerk dienende Flügelrad war an eine Turbine angeschlossen, die von der Wasserleitung getrieben wurde. Die durch diese gelieferte Kraft reichte zur Erlangung der geforderten Umdrehungszahl (500—600 in der Minute), wie mit einem Tourenzähler festgestellt wurde, vollkommen aus. Die durch die Druckschwankungen in der Wasserleitung bedingten Aenderungen der Umdrehungsgeschwindigkeiten riefen zuweilen Störungen hervor.

Um die Zeigerstellung auf dem Kreisbogen zu finden, wurden aus der ausfließenden Wassermenge die Stromgeschwindigkeiten berechnet nach der Formel $t = \frac{m}{c \cdot q}$, worin m die ausgeflossene Wassermenge, t die Zeit und q der Querschnitt des Zylinders bedeutet. Ergab die auf Grund der ausgeflossenen Wassermenge angestellte Berechnung eine der gesuchten Stromgeschwindigkeiten, so wurde die entsprechende Zeigerstellung auf dem Kreisbogen aufgetragen.

Bei Benutzung des oben beschriebenen Schlämmzylinders reichte der durch das Zuflußgefäß erzeugte Wasserdruck aus, um eine Stromgeschwindigkeit von 16 mm in der Sekunde zu erzielen. Um eine noch höhere zu erreichen, wurde der 34,8 mm weite Zylinder durch einen

---

[1]) Wahnschaffe: Wissenschaftliche Bodenuntersuchungen. 2. Aufl. 1903. S. 41.

mit bedeutend geringerem Durchmesser ersetzt, der unter Ausschaltung des Rührwerkes direkt auf den Becher aufgesetzt wurde. Bei diesem Wechsel der Schlämmzylinder tritt aber, wie meine Analysen gezeigt haben, eine Ungenauigkeit ein Die Stromgeschwindigkeit in dem Schlämmzylinder wächst mit der Abnahme des Zylinderquerschnittes. Bei gleicher Wasserzufuhr ist die Stromgeschwindigkeit in dem kleinen Zylinder höher als in dem großen.

Um die Stromgeschwindigkeit 32 mm in der Sekunde in dem kleinen Schlämmzylinder zu erreichen, mußte der Wasserzufluß nach dem Wechsel der Zylinder verringert werden. Infolgedessen nimmt auch die Wasserkraft in dem konischen Becher ab. Sie ist nicht mehr imstande, alle Bodenteilchen, die der entsprechenden Korngröße angehören, in den Zylinder zu bringen. Die Menge der Schlämmprodukte wird deshalb geringer und die Resultate für die nächsthöhere Stromgeschwindigkeit werden ungenau, wie die mikroskopischen Messungen gezeigt haben.

Die bei der Stromgeschwindigkeit von 32 mm in der Sekunde gewonnenen Schlämmprodukte wurden ihrer geringen Menge wegen zu den weiteren physikalischen Untersuchungen nicht herangezogen.

d) Die Flockung oder das Zusammenballen der kleinsten Teile hat Hilgard[1]) veranlaßt, ein Rührwerk in seinen Apparat einzubauen.

Die Neigung zur Flockung vermindert sich mit zunehmender

---

[1]) Hilgard: Zu Mayers Kritik des Hilgardschen Schlämmapparates in Wollny: Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. XIX. 1896 S. 402.

Temperatur, so daß Hilgard sich mit dem Gedanken trug, heißes Wasser zur Schlämmanalyse zu verwenden. Die Schwierigkeiten der Ausführung hinderten ihn aber daran.

Versuche mit ein und derselben Bodenprobe ergaben bei wiederholten Abschlämmen in demselben Apparat stets andere Resultate, die Hilgard auf die Flockung der feinsten Teile zurückführen konnte. Die unvollständige Trennung der verschiedenen Korngrößen konnte durch vorgenommene mikroskopische Messungen festgestellt werden. Die Fehler hierbei beruhen nicht auf der Vereinigung der feinsten Teilchen selbst, — dies würde die Analyse nicht stören — sondern sie beruhen darauf, daß sich die kleinsten Teilchen aneinanderlagern und zufällig an ihnen haftende größere Partikelchen von ihnen eingeschlossen werden. Die Flocken setzen durch ihre große Oberflächenausdehnung dem aufsteigenden Wasserstrom einen Widerstand entgegen, der groß genug ist, um auch in den Flocken eingeschlossene größere Teile mit fortzuführen. So ist zu erklären, daß größere Bodenteile in Anteile mit kleineren Korngrößen abgeschlämmt werden und das Ergebnis verschoben wird.

In allen diesen Punkt betreffenden Ausführungen ist aber bisher auf eins nicht hingewiesen und zwar auf das Verhalten des Humus, das bedingt ist durch seine Neigung zur Flockenbildung. Diese Flocken kann auch das Rührwerk nicht vollständig beseitigen. Denn im Schlämmzylinder sieht man während der Analyse deutlich diese Teilchen.

Im vorliegenden Falle sind größere Fehler nicht entstanden, da die hier untersuchten Boden nur einen geringen Humusgehalt besaßen.

e) Einstellen des Rührwerkes.[1])

Nach den Angaben Hilgards ist das Rührwerk überflüssig, wenn eine Stromgeschwindigkeit von 8 mm in der Sekunde erreicht wird, weil dann eine Flockung nicht mehr eintreten kann. Er widerlegt damit Osborne, der eingewendet hatte, daß durch die rotierenden Flügel das Material abgeschliffen wird. Dies ist aber bereits durch die Konstruktion der Flügel selbst möglichst vermieden worden. Abweichend von den Angaben Hilgard's habe ich beobachtet, daß, wenn man die Tätigkeit des Rührwerkes einstellt, sich bald das Sieb verstopft und nur einzelne Körnchen hindurchgedrückt werden. Man kann deutlich sehen, daß, wenn man die Turbine einige Minuten außer Tätigkeit setzt, das regelmäßige Aufsteigen von Bodenpartikelchen im Schlämmzylinder aufhört und eine geringere Menge von Schlämmprodukten erzielt wird. Setzt man dann das Rührwerk wieder in Bewegung, so kann man beobachten, daß nunmehr Bodenteilchen in größerer Menge in dem Schlämmzylinder aufsteigen. Es tritt abgesehen von dem großen Zeitverlust beim Ausschalten der Turbine eine Ungenauigkeit in der Sonderung der Schlämmprodukte ein.

Die Fehler, die durch das Ausschalten des Rührwerkes hervorgerufen werden, würden vermieden werden durch Entfernung des Siebes Das wäre aber ohne Substanzverluste nicht möglich, da vorher das Wasser aus dem Apparate entfernt werden muß.

Nach meinen Feststellungen kann man das Rührwerk,

---

[1]) Hilgard: Die mechanische Bodenanalyse in Wollny: Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. XVI. 1893. S. 253.

ohne daß ein Fehler entsteht, laufen lassen; denn wenn wirklich durch die Flügel feste Bodenteilchen zerrieben würden, so würde man es am Gange der Turbine merken können, die bei dem von mir angewandten Apparat so leicht lief, daß die kleinsten Störungen sich bemerkbar machten. Für die beiden höchsten Stromgeschwindigkeiten 32 und 64 mm pro Sekunde kommt auch diese Frage nicht in Betracht, da der kleine Schlämmzylinder, wie oben erwähnt, direkt auf den konischen Boden aufgesetzt wird.

f) Der Hilgardsche Schlämmapparat im Vergleich zu anderen.

Die Vorteile dieses Apparates anderen gegenüber sind folgende. Einmal ist auf die Schnelligkeit, mit der eine Analyse beendet werden kann, hinzuweisen, und ferner vor allem darauf, daß der Apparat bei den niedrigsten Stromgeschwindigkeiten ohne Aufsicht laufen kann.

Ist der Wasserzufluß und der Gang der Turbine geregelt, so hat man nur in längeren Pausen auf die Gefäße zu achten, die das Wasser mit den abgeschlämmten Teilen aufnehmen.

Nach Hilgard kann man die Schlämmanalyse noch dadurch beschleunigen, daß man die Dauer des Schlämmens mit der geringsten Stromgeschwindigkeit abkürzt. Man erreicht dies dadurch, daß man bei Beginn des Schlämmprozesses eine stärkere Stromgeschwindigkeit einstellt und diese wieder auf die normale verringert, sobald man bemerkt, daß die durch die Turbine hervorgerufene Trübung bis zum oberen Teile des Schlämmzylinders aufgestiegen ist. Fehler entstehen durch dieses Vorgehen nicht.

Nach Wiedereinstellen der geringsten Stromgeschwindigkeit setzen sich alle größeren Bestandteile wieder in dem Becher

ab, ein Vorgang, den man durch ein langsames Bewegen des Rührwerkes befördern kann.[1]) Das Abschlämmen der größeren Teile nimmt nur wenige Minuten Zeit in Anspruch, dabei hat man nur der Wasserversorgung besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Man kann selbst die Analyse unterbrechen, wenn das Wasserreservoir leer ist, ohne daß dabei irgendwelche Fehler entstehen. Dies ist durch häufig ausgeführte Versuche bewiesen worden.

Bei Anwendung eines entsprechenden Verfahrens würde im Schöne schen Apparat an der unteren Biegung des Schlämmtrichters ein Verstopfen eintreten. Auch an der Ausflußöffnung können durch Wurzelteilchen, Glimmerblättchen und dergl. keine Hemmungen wie bei jenem sich einstellen.

Etwa im Apparat vorhandene Luftblasen werden leicht dadurch beseitigt, daß man einen Augenblick den Wasserstrom verstärkt.

Den einzigen Uebelstand, der bei der Bedienung des Apparates vorhanden ist, veranlassen die Abdichtungen der Stopfbüchsen und des Zylinders an der Stelle, wo er in den messingenen Ring eingelassen ist. Für letztere habe ich eine gute Dichtung dadurch gefunden, daß der in Gips eingelassene Zylinder noch mit einem schwachen Ueberzug von in Chloroform gelöstem Kautschuk überzogen wurde.

Trotz sorgfältigster Behandlung des Apparates konnte aber nicht vermieden werden, daß sich einige Teile sehr schnell abnutzten. Besonders machte sich das Abschleifen der Welle, an der die Turbine angebracht ist, obgleich in die Stopfbüchsen doppelte Messinglager eingelegt waren, insofern bemerkbar, daß nach längerem Gebrauch die Stopfbüchsen immer wieder undicht wurden.

---

[1]) Wollny: a. a. O. Bd. XIX, 1896, S. 407.

g) Grösse der abgeschlämmten Teile.

Die nach Angabe Hilgards den einzelnen Stromgeschwindigkeiten entsprechenden Korngrößen der abgeschlämmten Teile sind aus folgender Tabelle[1]) ersichtlich:

Stromgeschwindigkeit in mm pro Sekunde	Korngröße in mm	Stromgeschw. in mm pro Sek.	Korngröße in mm
0,25	0,016	8	0,12
0,5	0,025	16	0,16
1	0,036	32	0,30
2	0,047	64	0,50
4	0,072		

Bodenteile, die größer als 0,5 mm sind, werden nicht mehr durch den Wasserstrom fortgeführt. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde der Schlämmrückstand (0,5 – 2 mm) mit dem Sieb nochmals in zwei Teile zerlegt und zwar von der Korngröße von 0,5—1 mm (bezeichnet mit < 1) und 1—2 mm (< 2 mm).

Um festzustellen, ob die abgeschlämmten Bodenteile wirklich die geforderte Größe besaßen, wurden folgende mikroskopische Messungen ausgeführt:

Reihe 1	2	3	4	5
	Stromgeschwindigkeiten in mm			
64	8	4	2	2
0,317	0,111	0,0734	0,0427	0,0562
0,188	0,142	0,0612	0,0366	0,0393
0,529	0,124	0,0795	0,0549	0,0618
0,499	0,105	0,0488	0,0366	0,0449
0,529	0,093	0,0734	0,0549	0,0449
0,305	0,111	0,0795	0,0305	0,0505
0,376	0,130	0,0488	0,0244	0,0674
0,464	0,075	0,0612	0,0488	0,0393
0,423	0,117	0,0856	0,0305	0,0449
0,341	0,086	0,0673	0,0549	0,0505
Mittel 0,3971	0,1094	0,0678	0,0414	0,0499

[1]) Tabelle aus: The centrifugal method of mechanical soil analysis. Bureau of soils. Bulletin 24.

Die Größenmaße der einzelnen Teile zeigen zwar große Unterschiede, die weiter unten ihre Erklärung finden werden. Im Mittel geben sie aber das geforderte Resultat. Je größer die Korngröße, desto größer sind natürlicherweise auch die Zahlenunterschiede. Die großen Differenzen bei den Messungen haben im wesentlichen ihren Grund in der verschiedenen Gestalt der einzelnen Körnchen, die teils kugelförmig, teils nadelförmig oder mit vielen Ecken und Kanten versehen sind, so daß ein Messen des ungefähren Durchmessers oft unmöglich war.

Mißt man auf einen Objektträger befindliche und mit einem Deckgläschen bedeckte Bodenteile und führt dann durch verschieben des Deckgläschens eine Drehung der Bodenteile herbei, so bekommt man bei nochmaliger Messung von der ersten abweichende Ergebnisse. Es zeigt dies ein Versuch, dessen Ergebnisse in Reihe 5 angegeben sind. Die Zahlen dieser Reihe sind dadurch gewonnen worden, daß auf dem Präparat, bei dem 10 Sandkörnchen zur Ermittelung der in Reihe 4 angeführten Zahlen gemessen waren, das Deckglas verschoben wurde und dieselben Sandkörner von Neuem gemessen wurden. Das Mittel der Messungen beträgt einmal 0,05 mm und zum anderen 0,0415 mm, wobei eine Differenz von 0,0085 mm in Erscheinung tritt. Wie schon Mitscherlich[1]) ausgeführt hat, beruhen diese Maßunterschiede darauf, daß die Bodenteile nach verschiedenen Richtungen des Raumes nicht gleichen Durchmesser und infolgedessen Querschnitte von verschiedener Form und Größe haben. Sie werden also je nach der Richtung in der sie im

---

[1]) Mitscherlich: Bodenkunde für Land- und Forstwirte, Berlin 1905, S. 45.

Wasserstrom orientiert sind, diesem einen verschiedenen Widerstand entgegensetzen. Durch diesen Umstand werden bei der Schlämmanalyse Fehler hervorgerufen, die um so größer sind, je mehr die verschiedenen Querschnitte der einzelnen Bodenteilchen in Form und Größe von einander abweichen. Mitwirkend ist noch der Umstand, daß die Oberfläche der Körper im Verhältnis zu ihrem Inhalt größer wird, je größer die Unterschiede senkrecht aufeinanderstehender Durchmesser werden. Mit der Oberflächengröße wächst aber der Widerstand, der durch die Reibung im Wasserstrom hervorgerufen wird. Glimmerblättchen werden hierbei im allgemeinen die größten Unterschiede geben, denn es ist wesentlich, ob ein solches Blättchen mit seiner breiten Fläche horizontal oder vertikal zur Stromrichtung steht. Welcher Teil aber grade nach unten gekehrt ist, hängt von der Lage des Schwerpunktes bei den einzelnen Teilchen ab. Der Reibungswiderstand, der hierbei in Frage kommt, bewirkt dann, daß Teile mit einer sehr großen Oberfläche in zu kleine Korngrößen abgeschlämmt werden. Aus diesem Grunde sind glimmerhaltige Gesteine bei vorliegender Arbeit ausgeschaltet worden.

Je mehr sich also die Teilchen von der Kugelform entfernen, desto größer müssen also auch die Größenunterschiede der Bodenteilchen innerhalb der Anteile gleicher Korngrößen sein, da nur bei jener alle Querschnitte gleich sind. Bei den Bodenteilchen mit anderer Gestalt wird allerdings dadurch ein Ausgleich geschaffen, daß diese sich im aufsteigenden Wasserstrom infolge ihrer Schwerpunktslage stets drehen und so bald die eine bald die andere Fläche dem Strome darbieten.

Die verschiedene Größe von Bodenteilchen ein und derselben Korngröße wird ferner durch das verschiedene spez. Gewicht der bodenbildenden Mineralien und durch das verschiedene spez. Gewicht ein und desselben Minerals — je nach dem Grade der Verwitterung — beeinflußt.

Trotzalledem ergab sich bei meinen Messungen bei dem Basaltboden annähernd dasselbe Verhältnis zwischen Stromgeschwindigkeit und Korngröße wie von Hilgard angegeben ist. Die Größe der Teilchen in Reihe 1 ist 0,397 mm (0,5)[1]) im Mittel, d. h. etwas kleiner als die Hilgardschen, wofür aller Wahrscheinlichkeit nach die auf Seite 13 angeführen Gründe verantwortlich zu machen sind. Für Reihe 2 ergibt sich im Mittel die Größe 0,11 (0,12) mm, für Reihe 3 ein Durchmesser von 0,068 (0,072) mm, für Reihe 4 der von 0,0415 und für Reihe 5 der von 0,05 (0,047) mm.

Es mag bedenklich erscheinen, das Mittel der durch Messung gefundenen Größe der Bodenteilchen zu einem Vergleiche heranzuziehen, da die Einzelzahlen zu große Unterschiede zeigen. Es ist aber auffallend, daß auch Messungen von Korngrößen der anderen Böden, die bei entsprechenden Stromgeschwindigkeiten abgeschlämmt waren, im Mittel das gleiche Resultat gaben. Es ist also kein Zufall, daß die Mittelzahlen der Messungen den geforderten Größen entsprechen. Je größer die Korngrößen, desto größer sind allerdings die Abweichungen der Größe der einzelnen Körnchen von der Mittelzahl. Für die Korngröße 0,5 mm des Basaltbodens haben die großen Unterschiede ihren Grund darin, daß abgesehen von der Gestalt die abgeschlämmten Teile beim Trocknen und bei den

---

[1]) Die in ( ) angeführten Zahlen geben die Größe der Bodenteilchen nach Hilgard an.

verschiedenen Behandlungen leicht auseinanderfallen. Dadurch werden die Körnchen kleiner als sie bei dem Schlämmprozeß waren. Für die Korngröße 0,5 mm des Diabasbodens ist zu bemerken, daß hier die Unterschiede bei den Messungen besonders groß sind, wie aus folgenden Zahlen zu ersehen ist:

0,382	0,444	0,344	0,234	0,267
0,310	0,234	0,282	0,497	0,487.

Die Ursache der großen Maßunterschiede liegt in dem Vorhandensein von Magneteisenkörnern im Diabasboden, die infolge ihres hohen spez. Gewichtes einen stärkeren Wasserstrom benötigen, um abgeschlämmt zu werden, als andere Bodenteile entsprechender Größe.

Da die bei der Schlämmanalyse erhaltenen Produkte in den einzelnen Korngrößen nicht gleicher Größe sein können, ist von Ramann[1]) der Vorschlag gemacht worden, die Teile, die von einem bestimmten Wasserstrom fortgeführt werden, nicht als Teile von bestimmter Korngröße, sondern als solche von gleichem hydraulischen Wert zu bezeichnen.

Er sagt darüber:

„Aus den angeführten Gründen ergibt sich, daß die durch Schlämmoperationen erhaltenen Bodenteile nicht völlig gleicher Größe sein können. Man bezeichnet daher die in gleicher Zeit niedergefallenen Bestandteile, bezw. solche, die von gleich starken Wasserströmen weggeführt werden, als von gleichem hydraulischen Wert und bezieht ihre Größe auf Quarzkugeln entsprechenden Durchmessers.“

---

[1]) Ramann: Bodenkunde. 2. Aufl. 1905. S. 217.

h) Ausführung der Schlämmanalyse.

Zur Schlämmanalyse wurden 20 g Feinerde (< 2 mm) 24 Stunden lang gekocht. Es empfiehlt sich nicht, eine größere Menge zu nehmen, da das konische Schlämmglas bei Vorhandensein größerer Mengen Sandes zu voll wird, so daß selbst der stärkste Wasserstrom den Inhalt nicht vollständig aufrühren kann.

Der Boden wurde durch einen an dem Einflußrohr befestigten Gummischlauch durch einen aufgesetzten Glastrichter in den Apparat hineingespült. Dieser Schlauch hatte die gleiche Weite wie das Einflußrohr und diente während des Schlämmprozesses zur Verbindung des Apparates mit dem Wasserreservoir. Nach dem Einfüllen des Bodens wurde der Schlauch dann möglichst schnell mit dem Zuflußrohr in Verbindung gebracht und der Wasserstrom angestellt. Durch dieses Verfahren wurde ein Absetzen der Bodenteilchen und ein Verstopfen des Apparates verhindert.

Um in dem zur Analyse angewandten destillierten Wasser etwa gelöster Salze nicht verlustig zu gehen, wurden die drei bei den kleinsten Stromgeschwindigkeiten gewonnenen Wassermengen mit den Schlämmprodukten eingedampft. Von den übrigen Schlämmprodukten wurde das Wasser durch Dekantieren getrennt, bevor sie auf dem Wasserbad getrocknet wurden. Aufgefangen wurde das Wasser mit den abgeschlämmten Bodenteilen in 6 Liter fassenden Glasbechern.

Um größere Mengen von Bodenmaterial der verschiednen Korngrößen zu erhalten, wurden wiederholt Schlämmanalysen von einem und demselben Boden ausgeführt.

i) Mechanische Zusammensetzung der untersuchten Böden.

Verteilung der einzelnen Korngrößen in 100 g Feinerde (< 2 mm) lufttrocken in Prozenten

Korngröße in mm:	0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,3	0,5	Rest: 0,5—2
Diabas-U:	18,64	1,08	0,82	1,14	1,94	2,81	8,45	4,26	10,39	50,34
Diabas-O:	34,48	3,97	5,05	6,37	7,49	3,46	5,15	1,11	6,01	26,38
Granit-U:	36,17	5,57	7,75	5,51	6,66	4,71	3,79	0,99	3,69	23,56
Granit-O:	35,48	4,71	5,31	6,50	6,99	8,50	2,93	0,89	6,53	21,37
Basalt-U:	45,91	5,54	5,89	8,91	9,30	5,28	2,14	0,97	1,22	14,49
Basalt-O:	46,78	5,59	5,97	9,78	7,22	6,61	3,50	1,25	1,60	9,54

Die Zahlen sind auf 100 g lufttrocknen Boden < 2 mm bezogen. Wenn die Zahlen sich nicht auf 100 ergänzen und zum Teil 3 % fehlen, so ist dies dadurch zu erklären, daß durch Verstieben und durch Anhaften der feinsten Bodenteile an den Gefäßen beim Trocknen der Schlämmprodukte stets unvermeidliche Verluste eintreten. Außerdem bleiben an dem Glaszylinder und an der Stelle des Apparates, wo der Glaszylinder auf den konischen Becher aufgeschraubt ist, Bodenteilchen zurück, die man nur beim Auseinandernehmen des Apparates entfernen kann. Diese kann man aber nicht zur Berechnung heranziehen, da man sie keiner bestimmten Korngröße zurechnen kann.

Die Tabelle zeigt die Beteiligung der einzelnen Korngrößen an der Zusammensetzung der untersuchten Böden, woraus des weiteren erhellt, wieweit bei den einzelnen Böden die Verwitterung vorgeschritten ist. Bei den Diabasböden, besonders beim Untergrund, ist die starke Anteilnahme der gröbsten Sande an der Zusammensetzung eine Folge der schwachen Verwitterung.

Da man bei verschiedenen Schlämmanalysen ein und desselben Bodens, stets andere Resultate bekommt, geben die

angeführten Zahlen das Mittel von drei Analysen an. Denn es ist unmöglich, die Bodenproben so zu nehmen, daß sie vollständig gleich in ihrer mechanischen Zusammensetzung sind. Besonders die Größe des als „Rest“ bezeichneten Teils, also des Schlämmrückstandes, übt einen überwiegenden Einfluß aus. Er macht an sich einen großen Teil des Bodens aus, dann hat er auch ein höheres spezifisches Gewicht als die feinen Teile, so daß immer Differenzen von einigen Gramm vorkommen müssen, die dann wieder die Gewichtsverhältnisse der anderen Schlämmprodukte verschieben.

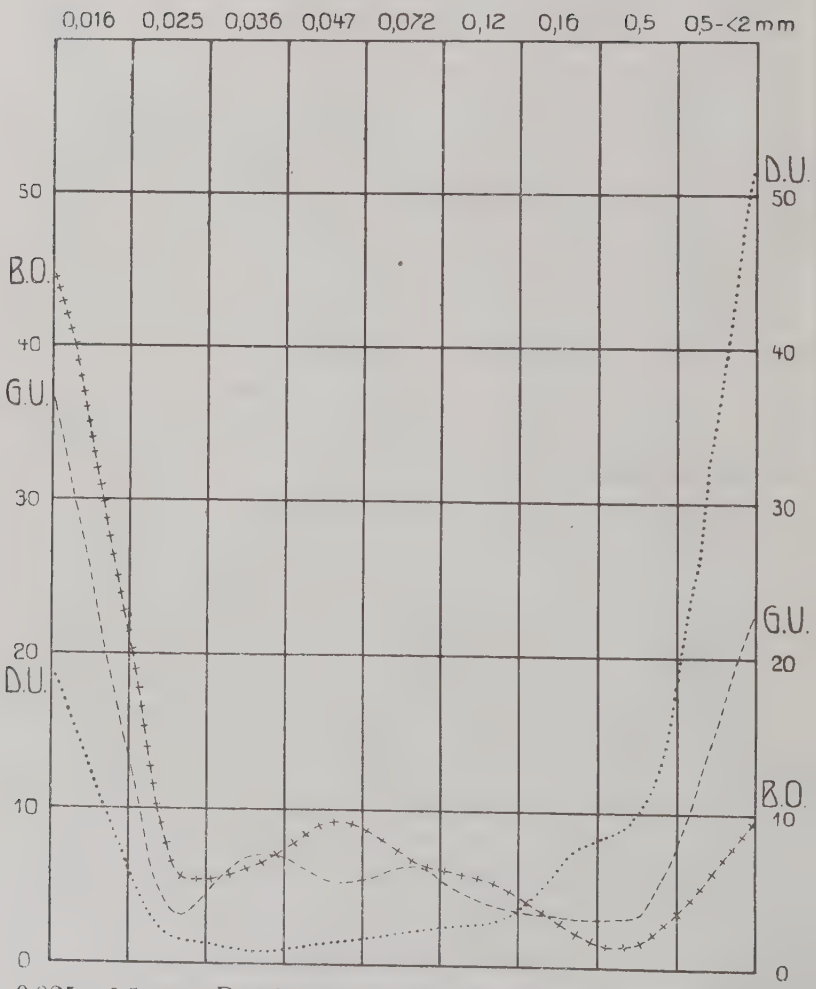
Die verschiedenen Resultate der Schlämmanalysen ein und desselben Bodens sind also von Zufälligkeiten bei der Probeentnahme abhängig.

Weiter ist aus der Tabelle ersichtlich, in welchem Verhältnisse sich die Sande an der Bodenzusammensetzung beteiligen. Mit der Menge der feinsten Teile wächst auch die Menge der feinen Sande und vermindert sich der Anteil der groben Sande.

Umgekehrt vermindert sich die Menge der feinen Sande mit der Abnahme der abschlämmbaren Bestandteile und vermehrt sich der Anteil der groben Sande. Graphisch läßt sich das Verhältnis durch untenstehende Kurven darstellen bei denen auf den Ordinaten die Prozente der Beteiligung der Korngrößen an der Bodenzusammensetzung und auf den Abscissen die Korngrößen selbst aufgetragen sind.

Zu bemerken ist, daß Korngrößen von 0,3 mm Durchmesser aus oben (S. 13) angeführten Gründen unberücksichtigt geblieben sind.

Bei den untersuchten Böden hat sich herausgestellt, daß Böden mit einer fast gleichen Menge feinster Teilchen auch eine fast gleiche Zusammensetzung der Bodenteile von



0,025 – 0,5 mm Durchmesser haben, wie aus obenstehenden Kurven zu ersehen ist.

k) Bedeutung der Schlämmanalyse.

Nach Ramann wird durch die Schlämmanalyse der Boden in verschiedene Stoffgruppen zerlegt, die einen ver-

schiedenen chemischen Charakter aufweisen Schwer verwitterbare Mineralien, wie z. B. Quarz, haben einen geringen Anteil an der Zusammensetzung der kleinsten Teile. In den kleinsten Teilen sammeln sich daher auch die leichter verwitternden Mineralien. Dementsprechend ist in den kleinsten Fraktionen durch die chemische Analyse eine Abnahme der Kieselsäure festzustellen.

Hilgard[1]) ist der Ansicht, daß aus der mechanischen Analyse allein keine Schlüsse auf die Fruchtbarkeit des Bodens gezogen werden können. Zur Seite müsse stets die chemische Analyse stehen. Er glaubt aber, daß man nach und nach eine Anzahl Bedingungsgleichungen erhalten wird, aus denen sich mathematisch-logisch die grundlegenden Prinzipien ableiten lassen.

Die chemische Analyse allein ist nicht im Stande den Boden in Stoffgruppen zu zerlegen die für die Ernährung der Pflanze von verschiedener Wichtigkeit sind. Sie untersucht den Boden nur in dem Gemisch wie er sich in der Natur vorfindet. Durch sie kann man aber feststellen, daß die mechanische Analyse Stoffgruppen verschiedenen Charakters nicht nur dem Größenverhältnis der Bodenteile, sondern auch der chemischen Zusammensetzung nach liefert.

Die mechanische Bodenanalyse gibt uns weiter Aufschluß über die Beschaffenheit des Bodens inbezug auf die feinsten Teile. Diese bieten den Pfanzen die am leichtesten zugänglichen Nährstoffe, oder sind als Träger dieser anzusehen, da sie infolge der Verwitterung am meisten aufgeschlossen und die Salze infolgedessen leichter löslich sind. Ferner kommt noch in Betracht, daß die kleinsten Teile auch die größte Menge der leichtlöslichen Nährstoffe enthalten, da die gelösten

[1]) Wollny: a. a. O. XIX. 1896. S. 410.

Salze beim Austrocknen des Bodens sich auf den Oberflächen der Bodenteilchen niederschlagen und die kleinsten Teile die größte Oberflächensumme besitzen.

Man kann weiter Beziehungen zwischen der mechanischen Bodenzusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften des Bodens wie Wasserkapazität, Kapillarität u. a. m. feststellen.

Ein Gegner der Schlämmanalyse ist Mitscherlich. Er verlangt von der mechanischen Analyse, daß sie uns den Boden nicht in viele Sortimente zerlegt, sondern uns nur ein Resultat bringt, da es nur möglich ist, zwei Größen auf einmal zu vergleichen. Ein Resultat würde man nur dann erhalten, wenn die mittlere Korngröße eines Bodens festgestellt werden könnte.

Diese Fragen, über die uns die mechanische Analyse Aufschluß gibt, sucht Mitscherlich durch ein kürzeres Verfahren zu beantworten als durch die Bestimmung der einzelnen Korngrößen. Da seiner Meinung nach die genaue Bestimmung der Größe der Bodenteilchen unmöglich ist, so glaubt er, daß man durch Bestimmung der Hygroskopizität die Tätigkeit des Bodens, sein verschiedenes Verhalten gegen Wasser und Luft besser erkennen kann.

II. Physikalische Bodenuntersuchungen.

a) Unter Hygroskopizität[1])

eines Bodens versteht man diejenige Wassermenge, welche ein Boden enthält, wenn seine Oberfläche[2]) gerade mit einer Molekülschicht Wasser benetzt ist. Es ist die Hygroskopizität

[1]) Definition nach Rodewald aus Mitscherlich Bodenkunde für Land- und Forstwirte. S. 56.

[2]) Oberfläche — Oberflächensumme.

mithin eine der Bodenoberfläche proportionale Größe. Sie ist abhängig von der Korngröße, welche man durch die Schlämmanalyse zu bestimmen sucht und von der Gestalt der festen Bodenteilchen.

Die Oberfläche des Bodens wächst, je kleiner die Teilchen werden und je mehr ihre Gestalt von der Kugelform abweicht. Es ist so gewissermaßen in der Bodenoberfläche auch die Korngröße mit enthalten und ferner auch die Gestalt der Bodenteilchen.

Mitscherlich hat zu den Bestimmungen der Hygroskopizität ausschließlich Böden verwendet, deren größere Teile vorwiegend aus Quarz bestanden. Bei Gelegenheit der hier ausgeführten Untersuchungen konnte nun festgestellt werden, wie sich solche Bodenteile zur Hygroskopizität verhalten, in deren gröberen Bestandteilen der Quarzgehalt zurücktritt.

Zur Bestimmung der Hygroskopizität

wurde der Boden nach dem von Mitscherlich angegebenen Verfahren getrocknet. In einem Exsikkator [1]), dessen Boden mit Phosphorpentoxyd beschickt war, wurde ein Glasschälchen mit ca. 30 g Boden gebracht und mit einer Wasserstrahlluftpumpe bis auf 2—3 mm Quecksilberdruck evakuiert. Dann wurde der Exsikkator in einen Kochtopf gestellt, der bis zu einer Höhe von ungefähr 7 cm mit kochendem Wasser gefüllt war. Als Deckel für den Kochtopf wurde eine gutschließende Porzellanschale genommen.

In dem Dampfbade blieb der Exsikkator 4 Stunden. Nachdem er im Wägezimmer erkaltet war, wurde Luft hinein-

[1]) s. Abbildung Mitscherlich Bodenkunde usw. S. 16.

gelassen, die durch zwei vorgelegte Schwefelsäure-Waschflaschen getrocknet war. Durch Wägen des Schälchens mit Boden wurde dann das Gewicht des trocknen Bodens festgestellt.

Das Schälchen mit dem trocknen Boden wurde dann in einen Exsikkator gestellt, dessen Boden mit 10 prozentiger Schwefelsäure beschickt war.

Eine vorherige Prüfung des Exsikkators auf die Größe des in ihm zu erzielenden Vakuums hatte ergeben, daß das Gefäß bis zu einem Quecksilberdruck von 4—6 mm entleert werden konnte, und daß innerhalb 12 Stunden der Druck um höchstens 2 mm zunahm. Nach dreitägigem Stehenlassen in einem Schrank, in dem der Exsikkator von Temperaturschwankungen möglichst geschützt war, wurde die Schwefelsäure durch neue, von einer Konzentration von genau 10 % ersetzt, wieder evakuiert und drei Tage lang in einem Schranke stehen gelassen. Alsdann wurde langsam Luft eingelassen, die durch eine mit 10 %iger Schwefelsäure beschickte Waschflasche gegangen war. Dann wurde die Glasschale mit dem Boden gewogen. Die Differenz gegenüber dem Gewicht des trocknen Bodens ergab die aufgenommene Wassermenge. Diese wurde mit 100 multipliziert und durch die angewandten Gramm trocknen Bodens dividiert; als Resultat ergab sich die Hygroskopizität des Bodens.

b) Die Hygroskopizität und die Bodenoberfläche.

Die Resultate müßten nun, da die Hygroskopicität eine der äußeren Bodenoberfläche proportionale Größe ist, auf die einzelnen Korngrößen angewandt, mit zunehmender Größe der Teile abnehmen. Dies ist aber nur bis zu einem gewissen Grade der Fall. Aus der Tabelle sind die Ergebnisse von 3 Bestimmungen zu ersehen, die einmal nach der Vor-

Korngröße in mm		0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,5	< 1	< 2	< 5
Hygroskopizität:	1)	9,8376	3,584	2,6685	2,464	2,597	4,476	6,3528	9,52	8,715	7,564	6,121
	2)	9,835	3,40	2,652	2,501	2,608	4,497	6,310	9,499	8,66	7,564	6,21
	3)	10,604	3,31	2,335	2,378	2,37	4,831	6,318	9,567	8,917	7,893	6,982
Gewicht des Bodens in gr zu 3		5,5	6,436	5,652	4,7	3,906	5,3405	6,242	5,453	5,3374	6,0114	8,8559
Hygroskopizität im Mittel von 1—3		10,09	3,43	2,55	2,44	2,53	4,6	6,33	9,19	8,67	7,67	6,43

schrift von Mitscherlich mit ungefähr 30—50 gr Boden, dann in Reihe 3 mit einer viel geringeren Menge von ungefähr 2—10 gr ausgeführt worden sind.

Die Versuche in Reihe 3 sind deswegen ausgeführt worden, weil die Möglichkeit bestand, daß das hygroskopisch gebundene Wasser bei dem festen Aneinanderlagern der Bodenteilchen in einer stärkeren Bodenschicht nicht vollständig bei der Trocknung abgegeben werden könnte.

Deshalb wurde der Boden des Schälchens nur mit einer dünnen Schicht Boden bedeckt. Die Resultate zeigten aber nur geringe Abweichungen. Soweit solche gefunden wurden, dürften sie auf Wägefehler zurückzuführen sein, da es sich bei der Wasseraufnahme und Wasserabgabe um sehr geringe Gewichtsunterschiede handelte.

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß bei den angewandten nicht quarzhaltigem Material die Hygroskopizität bis zu einer Korngröße von 0,047 mm abnimmt und von da ab wieder steigt, das heißt also, daß auch die groben Bodenteile eine feststellbare Hygroskopizität besitzen.

Mitscherlich hatte zwar auch für Quarzsand eine Hygroskopizität festgestellt. Es ergab sich aber, daß, wenn er aus den gefundenen Werten die Oberfläche berechnete, diese zu groß gefunden wurde. Die zu großen Werte für die Hygroskopizität führte er auf unvermeidliche Fehler bei den Wägungen zurück.

Bei den hier ausgeführten Untersuchungen wurden aber so große Werte für die Hygroskopizität der groben Bodenteile gefunden, daß man diese unmöglich auf Wägungsfehler zurückführen kann.

Die von mir untersuchten Sande bestehen aus Kalknatronfeldspat und Augit. Ihre deutlich nachweisbare Hygroskopizität

beruht vermutlich auf den Wirkungen der Verwitterung, die beim Quarz kaum in Betracht kommt. Sie erzeugt in den Steinchen Risse, Spalten und innere Hohlräume, die fähig sind, hygroskopisches Wasser festzuhalten. Für diese Annahme spricht das Verhalten der 3 größten Fraktionen die bei einer Korngröße von < 1 mm Durchmesser eine Hygroskopizität von 8,67 aufweisen. In den beiden nächsten Fraktionen < 2 und < 5 mm beträgt die Hygroskopicität 7,67 und 6,43. Sie nimmt also ab, was daraus zu erklären ist, daß die größten Steinchen in der Regel einen noch unverwitterten Kern besitzen. Dieser von der Verwitterung noch nicht angegriffene Teil der Steinchen hat keine inneren Hohlräume und muß bei der Bestimmung der Hygroskopicität deren Werte herabdrücken.

Für das Vorhandensein innerer Hohlräume in den größeren Bodenteilchen spricht ferner noch die Wasserabgabe bei dem Trocknen des Bodens.

Berechnet man die Wasserabgabe des lufttrocknen Bodens bei der Trocknung über Phosphorpentoxyd, so findet man, daß die gefundnen Werte, in Prozenten ausgedrückt, deutliche Beziehungen zu der Hygroskopizitätsgröße haben.

Tabelle von Seite 34.

Bei der Trocknung über Phosphorpentoxyd geben Grobsand und Grus mehr Wasser als die feineren Bodenteile ab. Die abgegebne Wassermenge ist fast ebenso groß wie die hygroskopisch gebundne. Wären die grobsandigen Bestandteile nicht mit inneren Hohlräumen versehen, so könnten sie im lufttrocknen Zustande nicht mehr Wasser enthalten als die feinsten Bodenteile.

Durch die angewandte Untersuchungsmethode ist bei dem vorliegenden Material festgestellt, daß nicht nur die feinen

Hygroskopizität und Wasserabgabe des Basaltbodens.

Korngröße in mm	0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,5	< 1	< 2	< 5
Hygroskopizität	10,09	3,43	2,55	2,44	2,53	4,60	6,33	9,19	8,67	7,67	6,43
Wasserabgabe des lufttrocknen Bodens in %	5,11	1,94	1,10	1,83	1,80	2,33	2,70	3,55	8,76	7,62	5,4

Bodenteilchen, sondern auch die großen hygroskopisch Wasser festhalten.

Berechnet man aus der Hygroskopizität die Bodenoberfläche, so bekommt man natürlich für die Oberfläche der gröberen Bodenteile größere Werte als die Berechnung der Oberfläche aus der Korngröße ergeben würde. Es muß geschlossen werden, daß die Oberflächen innerer Hohlräume bei der Festhaltung hygroskopischen Wassers mitwirken.

Will man sich nun eine Vorstellung von der absoluten Größe der Bodenoberfläche verschaffen, so kann man sie nach der von Mischerlich aufgestellten Formel berechnen.[1]) Dies ist nur möglich, wenn man an der Rodewald'schen Hypothese festhält, daß die Hygroskopizität diejenige Wassermenge ist, die die Bodenoberfläche nur mit einer Molekülschicht Wasser bedeckt. Die Oberfläche ist dann:

$$F = \frac{W_H}{\sqrt[3]{8{,}3 \;.\; 18 \;.\; 10^{-22}}}\, qmm,$$

worin W_H die Hygroskopizität und der Divisor das Gewicht eines Wassermoleküls ausdrückt. Da wir W_H stets in Prozenten ausdrücken, so bekommen wir zur Berechnung der Oberfläche in qm die Formel: $F = W_H \;.\; 40{,}6\; qm$ für 1 gr Boden.

Man erhält so für die einzelnen Korngrößen folgende Oberflächen:

Korngröße in mm	Oberfläche für 1 g Boden in qm	Korngröße in mm	Oberfläche für 1 g Boden in qm
0,016	409,65	0,16	256,99
0,025	139,25	0,5	373,11
0,036	103,53	< 1	357,45
0,047	99,06	< 2	311,40
0,072	103,11	< 5	261,05
0,12	186,76		

[1]) Mitscherlich: Bodenkunde usw. S 71.

Dies bedeutet, daß die Oberfläche der kleinsten Teilchen derjenigen von dem Durchmesser von 0,5 mm gleich sein müßte, was natürlich unmöglich ist, wenn die Oberflächen der inneren Hohlräume außer Betracht bleiben.

Aus den angestellten Versuchen ergibt sich, **daß durch die angewandte Methode bei angewitterten quarzfreien Sanden andere Werte für die Hygroskopizität gefunden werden als bei Sanden, die vorwiegend aus Quarz bestehen.** Und somit hätten auch die Böden verschiedener Mineralzusammensetzung verschiedene Hygroskopizität, also jeder Boden trotz gleicher mechanischer Zusammensetzung seine eigene, die von dem mehr oder weniger fortgeschrittenem Verwitterungszustand der sandigen Bestandteile abhängig ist.

Bei den vorliegenden Versuchen wurden die Hygroskopizitätsbestimmungen für die einzelnen Korngrößen auf die des Basaltbodens beschränkt, da die Herstellung des Materials mit dem Hilgard'schen Schlämmapparat mehrere Monate Zeit in Anspruch nahm.

III. a) Die chemische Bodenuntersuchung

erstreckte sich auf alle Korngrößen, die mit dem Hilgard'schen Schlämmapparat hergestellt waren. Ferner wurden die Steinchen zwischen 2 und 5 mm Größe zur Untersuchung herangezogen, die durch Absieben gewonnen waren.

Zur Herstellung des salzsauren Auszuges

wurde nach folgender Vorschrift verfahren. Der Boden wird eine Stunde lang mit konzentrierter Salzsäure gekocht, dann durch Dekantieren über einem Filter ausgewaschen. Um die Humussubstanzen zu zerstören und die Kieselsäure abzuscheiden, dampft man bis zur sandigen Trockne ein und wiederholt das

Eindampfen noch zweimal nach Befeuchten mit konzentrierter Salpetersäure. Nachdem man den Rückstand wieder mit Salzsäure und Wasser aufgenommen hat, wird die Lösung auf ein bestimmtes Volumen aufgefüllt und daraus in aliquoten Teilen P_2O_5, $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ ungetrennt, CaO, MgO K_2O und Na_2O bestimmt.

Bestimmung der Phosphorsäure.

Die Phosphorsäure wurde mit Molybdänlösung ausgefällt und der Niederschlag mit Amoniak aufgelöst. Dann wurde die Phosphorsäure als $Mg(NH_4)PO_4$ wieder ausgefällt und als $Mg_2P_2O_7$ gewogen.

Bestimmung der Sesquioxyde.

In einer anderen Probe wurden Eisen und Tonerde mit der Phosphorsäure als basisch-essigsaure Salze ausgefällt und durch Glühen in Oxyde übergeführt. Das Gewicht des Glührückstandes ergab nach Abzug der in gleicher Menge Lösung gefundenen Phosphorsäure den Gehalt an $Fe_2O_3 + Al_2O_3$.

Bestimmung des Kalkes.

Aus dem bei der Bestimmung der Sesquioxyde gewonnenem Filtrat wurde der Kalk als Oxalat ausgefällt und als Oxyd gewogen.

Bestimmung der Magnesia.

Aus dem bei der Kalkbestimmung sich ergebenden Filtrat wurde die Magnesia als $Mg_2P_2O_7$ gewogen. Die Fällung wurde in der Siedehitze vorgenommen und der Niederschlag nach 12 stündigem Stehenlassen in der Wärme abfiltriert.

Zur Bestimmung der Alkalien

wurde, um eine genaue Bestimmung des Natrongehaltes zu erreichen, folgendes Verfahren eingeschlagen.

Ein aliquoter Teil der salzsauren Lösung wurde mit einem geringen Ueberschuß von $Ba(OH)_2$ in der Hitze versetzt, der Niederschlag abfiltriert, in das Filtrat CO_2 eingeleitet, um den überschüssigen Baryt auszufällen.

Vor dem Filtrieren wurde die Flüssigkeit auf ungefähr das halbe Volumen eingekocht, um den durch den Einfluß der CO_2 etwa in Lösung gegangenen Kalk wieder auszufällen. Zu dem Filtrat wurde in der Hitze verdünnte Schwefelsäure zugesetzt und auch der an die Salzsäure gebundene Baryt ausgefällt.

In dem übrigbleibenden Filtrat befinden sich nur die Alkalien Natrium und Kalium als Sulfate. Durch Eindampfen in der Platinschale erhält man nach Abrauchen der überschüssigen Schwefelsäure und schwachem Glühen, Aufnahme mit heißem oxalsäurehaltigem Wasser, nochmaligem Filtrieren, Eindampfen und schwachem Glühen $Na_2SO_4 + K_2SO_4$. Diese wurden gewogen, dann mit Wasser und einigen Tropfen Salzsäure aufgenommen und das Kali als Kaliumplatinchlorid bezw. als Platin gewogen und daraus K_2O berechnet. Aus der Summe von $Na_2SO_4 + K_2SO_4$ und der gefundenen Menge K_2O wurde der Gehalt an Na_2O berechnet.

Zur Bauschanalyse

wurde der Boden in einer Achatschale fein zerrieben und durch Leinen gebeutelt und in der üblichen Weise mit der achtfachen Menge Fluorammonium und Schwefelsäure aufgeschlossen.

Die zurückbleibenden Sulfate ergaben ohne jeden Rückstand in salzsäurehaltigem Wasser eine vollständig klare Lösung. Es wurden dieselben Bestandteile wie in dem Salzsauren Auszug auch im Gesamtboden bestimmt.

Bestimmung der Carbonate von Kalk und Magnesia.

Die Carbonate von Kalk und Magnesia wurden nach der von Holdefleiß angegebenen und von Bode geprüften und veröffentlichten Methode durch Auskochen mit 10 %tiger Essigsäure bestimmt[1]). Der feinpulverisierte Boden wurde 10 Minuten lang mit 10 % Essigsäure gekocht, in einem Maßkolben abfiltriert, und bis zur Marke aufgefüllt. In aliquoten Teilen der Lösung wurde der Kalk nach der von Passon angegebenen Methode aus citronensaurer Lösung gefällt.

Aus dem Filtrat vom Kalk wurde die Magnesia in derselben Weise, wie oben angegeben, bestimmt. Die Ergebnisse wurden auf $CaCO_3$ bezw. auf $Mg\ CO_3$ umgerechnet.

b) Ergebnisse der Untersuchungen des salzsauren Auszuges:

Aus der Tabelle (Seite 40) ist ersichtlich, daß bei dem D. O u. D. U. Eisen und Tonerde am meisten in den feinsten Teilen vertreten sind. Auffallend ist das schnelle Fallen ihrer Menge in den Teilen von 0,025 mm Durchmesser. Von hier ab steigen sie unregelmäßig wieder an.

Für die eigentlichen Pflanzennährstoffe lassen sich feste Gesichtspunkte für ihre Verteilung in den einzelnen Korngrößen kaum auffinden.

Aus diesem Grunde ist auch davon Abstand genommen, die übrigen Böden einem salzsaurem Auszug zu unterwerfen.

---

[1]) Wahnschaffe: Wissenschaftl. Bodenuntersuchungen. 2. Auflage, Berlin 1903 S. 62 und H. Bode: Zur Bestimmung der wirksamen Bestandteile von Mergeln und Kalksteinen. Fühlings Landwirtschaftl. Zeitung 51, Jahrgang 1902, Heft 20 und 21, S. 1—14.

Verteilung der durch salzsauren Auszug ermittelten Bestandteile in den verschiedenen Korngrößen **des Diabasbodens.**

Korngröße in mm	0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,30	0,5	< 1	< 2	< 5
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
D. O. Fe_2O_3 +	20,77	9,93	12,6	9,74	16,0	15,0	18,21	18,73	19,2	18,8	16,4	17,2
D. U. Al_2O_3	25,35	20,23	17,02	18,6	19,9	18,35	20,98	21,1	19,15	16,58	18,98	16,82
D. O. P_2O_5	0,37	1,72	0,86	1,66	1,3	1,2	0,89	0,87	1,02	—	—	—
D. U. P_2O_5	0,25	0,32	0,38	0,28	0,18	0,305	0,102	0,94	0,95	0,45	1,02	0,38
D. O. CaO	2,45	1,15	0,95	1,5	0,75	1,9	1,1	1,32	1,60	1,85	1,5	1,35
D. U. CaO	1,75	1,35	1,25	2,9	1,55	0,9	2,75	2,43	2,55	1,1	3,8	3,8
D. O. MgO	8,23	4,83	5,97	6,27	7,16	11,5	11,9	12,3	14,6	13,55	13,68	14,84
D. U. MgO	11,2	14,1	12,98	13,88	15,4	18,6	20,03	17,7	12,55	16,8	19,2	18,3
D. O. Na_2O	1,26	1,34	2,56	2,98	3,0	0,36	0,75	1,4	2,79	2,16	1,02	0,75
D. O. K_2O	0,92	1,64	2,3	2,63	3,4	1,8	3,28	2,09	1,83	0,99	1,4	0,75

c) Resultate der Bauschanalysen.

$Fe_2O_3 + Al_2O_3$

Korngröße in mm	0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,012	0,16	0,30	0,5	< 1	< 2	< 5
D. O.	30,1	20,27	20,4	19,9	23,4	30,0	28,5	27,6	28,5	23,8	23,6	25,11
D. U.	35,25	28,68	24,72	25,11	26,4	24,2	24,9	24,2	25,34	23,48	25,67	23,4
G. O.	32,77	18,34	16,5	12,87	14,87	17,8	17,98	18,3	19,17	12,81	14,47	15,76
G. U.	21,9	8,9	8,93	8,2	14,33	19,88	20,78	20,5	19,78	16,81	16,91	17,5
B. O.	17,54	9,24	7,3	8,77	12,98	13,8	18,12	19,28	21,46	28,07	28,41	29,65
B. U.	31,96	20,09	13,82	12,48	11,48	14,27	26,8	26,92	27,12	30,72	32,03	33,60

Betrachtet man die gefundenen Werte an Eisen und Tonerde für die einzelnen Bodenteile, so kann man zunächst feststellen, daß in den feinsten Teilen des Diabas- und Granitbodens diese Salze in größter Menge vorhanden sind. Weiter ist auffallend, wie der Gehalt an Sesquioxyden von der kleinsten bis zur nächsten Korngröße besonders stark abnimmt, wobei Unterschiede von mehr als 10 % zu beobachten sind. Dann tritt weiter ein Fallen um geringere Beträge ein, das seinen tiefsten Punkt ungefähr bei der Korngröße 0,047 mm erreicht, um von hier ab wieder, jedoch unregelmäßig, anzusteigen. Bei den Basaltboden tritt sogar der Fall ein, daß die größten Bodenteile mehr Eisen und Tonerde enthalten, als die kleinsten. Allein maßgebend dafür ist der geringe Gehalt an Eisen in den feinsten Teilen, die starker Auswaschung unterlegen haben.

Man kann deutlich sehen, daß die Niederschläge bei der Eisen-Tonerde-Bestimmung der Bauschanalysen des Basaltbodens fast nur aus Tonerde bestehen, da sie nur eine schwach rötliche Färbung zeigen. Daß Eisen durch Wasser tatsächlich ausgewaschen wird, läßt sich an dem Eisenhydroxyd erkennen, das aus dem in der Nähe der Fundstelle zu Tage tretenden Wasser abgeschieden wird.

Die Löslichkeit des Eisens im Basalt hat ferner das Auftreten von Eisenablagerungen in den Gangspalten zur Folge. Die löslichen Metallsalze werden durch Wasser in die Spalten geführt und dort als schwer lösliche Oxyde abgeschieden. Die in Abbau befindlichen Eisenlager dicht bei der Eisenbahnstation Mücke legen Zeugnis für den Vorgang ab.

Von der Beweglichkeit des Eisens im Basaltboden zeugen ferner die Funde von Prof. Bode, der dünne Schichten von Tonerdesilikaten, die nur Spuren von Eisen enthielten, in einer Basaltdecke über dem Kieselguhr von Altenschlirf vorfand.

Unterschiede im Gehalt an Eisen und Tonerde zwischen Oberkrume und Untergrund sind hier nicht zu bemerken, da bald dieser, bald jener reicher oder ärmer an diesen Verbindungen ist.

Siehe Tabelle Seite 44.

Vergleicht man beim Diasbasboden die Ergebnisse der Bauschanalyse mit der des salzsauren Auszuges, um einen Ueberblick über die Löslichkeit der Eisen und Tonerdeverbindungen zu gewinnen, so findet man, daß der größte Teil dieser Salze in Salzsäure in Lösung geht. Besonders im Untergrund ist dies deutlich festzustellen. Diese Erscheinung hat vermutlich ihren Grund darin, daß die aus der Oberkrume durch Wasser gelösten Salze im Untergrund wieder ausgeschieden worden sind.

Siehe Tabelle Seite 45.

Bei der Verteilung des Kalis und Natrons

auf die einzelnen Korngrößen zeigt es sich, daß im Basaltuntergrund und in der Diabasoberkrume die feinsten Teile am kalireichsten sind. Mit abnehmender Korngröße tritt eine Abnahme dieser Salze ein. Der umgekehrte Fall läßt sich bei der Basaltoberkrume feststellen.

In den Granitböden ist die größte Menge Kali in den Teilen von 0,12 mm Durchmesser enthalten. Von hier aus tritt aber mit abnehmender und zunehmender Größe eine Abnahme an Kali ein. Der Gehalt an Natron ist in den einzelnen Korngrößen unregelmäßig verteilt. Bei einigen zeigt sich eine besonders hohe Anreicherung an Natron. Dies tritt besonders in einigen Korngrößen des Basaltuntergrundes hervor, eine Erscheinung, die weiter unten ihre Erklärung finden soll.

Unterschiede im Gehalt an Alkalien zwischen Oberkrume und Untergrund sind nicht festzustellen.

Siehe Tabelle S. 46.

Die Löslichkeit der Eisen-Tonerde-Verbindungen in heifser HCl.

Korngröße in mm		0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,3	0,5	< 1	< 2	< 5
$Fe_2O_3+Al_2O_3$ in HCl lösl.	D. O.	20,77	9,93	12,6	9,74	16,0	15,0	18,21	18,73	19,2	18,8	16,4	17,2
„ „ „ „ unlösl.	D. O.	9,33	10,34	7,8	10,16	7,4	15,0	10,29	8,87	9,3	5,0	7,2	7,91
„ „ „ „ lösl.	D. U.	25,35	20,23	17,02	18,6	19,9	18,35	20,98	21,1	19,15	16,58	18,98	16,82
„ „ „ „ unlösl.	D. U.	9,90	8,45	7,70	6,51	6,5	5,85	3,92	3,1	6,19	6,90	6,69	6,58

Der Gehalt an Gesamt-K_2O

Korngröße in mm	0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,30	0,5	< 1	< 2	5 <
D. O.	5,2	5,32	3,86	4,07	3,6	3,5	3,3	3,2	3,1	2,3	3,8	3,43
D. U.	3,95	3,84	3,52	3,46	3,47	4,05	2,8	4,43	4,05	3,3	2,4	2,62
G. O.	4,25	3,99	3,77	4,84	4,05	6,9	4,71	4,63	5,30	5,21	4,53	3,77
G. U.	4,93	3,86	2,62	2,69	3,66	5,6	5,32	4,99	4,86	4,98	4,55	3,38
D. O.	1,75	1,63	1,5	1,55	1,73	2,8	2,64	2,75	2,98	2,60	3,08	3,03
D. U.	3,18	3,52	2,36	3,22	2,85	2,8	3,67	1,98	1,88	1,83	2,28	1,39

Gesamt-Na_2O

D. O.	4,2	2,04	3,2	4,44	8,3	6,4	4,3	4,9	5,7	2,64	2,0	4,0
D. U.	5,2	6,21	5,98	6,41	5,29	3,71	7,31	6,81	6,98	5,73	5,61	7,97
G. O.	6,82	6,8	6,77	6,65	5,75	8,8	9,84	9,82	9,78	8,43	7,98	6,77
G. U.	6,88	5,33	6,72	6,63	7,4	5,06	4,73	4,97	5,06	4,44	5,65	5,47
B. O.	8,62	7,002	6,64	6,34	6,008	4,54	5,71	5,82	6,05	6,62	6,98	7,67
B. U.	9,38	14,921	9,43	16,52	9,47	4,59	16,58	15,24	17,57	11,51	9,44	11,25

Löslichkeit der Alkalien in heißer Salzsäure.

Korngröße in mm		0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,3	0,5	< 1	< 2	< 5
K_2O in HCl löslich	D. O.	0,92	1,64	2,3	2,63	3,4	1,8	3,28	2,09	1,83	0,99	1,4	0,75
„ „ „ unlösl.	D. O.	4,28	3,68	1,56	1,44	0,2	1,7	0,02	1,11	1,27	1,31	2,4	2,68
Na_2O in HCl löslich	D. O.	1,26	1,34	2,56	2,98	3,0	0,36	0,75	1,4	2,79	2,16	1,02	0,76
„ „ „ unlösl.	D. O.	2,94	0,70	0,64	1,46	5,3	6,04	3,55	3,5	2,91	0,49	0,98	3,24

Stellt man in der Diabasoberkrume die bei der Untersuchung des salzsauren Auszuges gewonnenen Ergebnisse denen der Bauschanalyse gegenüber, so findet man, daß die kleinsten und gröbsten Bodenteile den höchsten Gehalt an in Salzsäure unlöslichem Kali haben, die Sande dagegen fast nur in Salzsäure lösliches Kali enthalten.

In den größten Teilen ist das Kali noch in seiner ursprünglichen Verbindung als Feldspat vorhanden. In den Sanden ist durch den Einfluß der Verwitterung das Kali leichter löslich geworden. In den kleinsten Bodenteilen ist es zwar in größerer Menge vorhanden, aber schwerer löslich. Diese Erscheinung würde der Ansicht Puchner's [1]) entsprechen, daß das gelöste Kali in den kleinsten Bodenteilen in unlösliche Silikate verwandelt wird.

Siehe Tabellen Seite 48 und 49.

Der Gesamtgehalt an Kalk, Magnesia und Phosphorsäure zeigt in den einzelnen Korngrößen ein vollkommen unregelmäßiges Verhalten, sodaß sich hierfür keine festen Gesichtspunkte aufstellen lassen. Unterschiede zwischen der Oberkrume und dem Untergrund lassen sich nicht beobachten.

Löslichkeit des Kalis, der Magnesia und Phosphorsäure in Salzsäure.

In den Tabellen (Seite 50) geben die Reihen, die mit „in HCl lösliche Silikate“ bezeichnet sind, die Ergebnisse der Untersuchungen des salzsauren Auszuges an. Für Kalk und Magnesia sind diese Ergebnisse noch um die Karbonate dieser Salze vermindert. Die mit „in HCl unlösliche Silikate“

[1]) Puchner: Ueber die Verteilung von Pflanzennährstoffen in den verschieden feinen Bestandteilen des Bodens. Die Landwirtschaftl. Versuchsstationen 1907 Bd. 66 S. 467.

Gesamt: CaO.

Korngröße in mm	0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,30	0,5	< 1	< 2	< 5
D. O.	4,7	4,0	5,25	2,4	3,3	6,85	8,4	8,3	8,3	8,39	8,29	8,58
D. U.	2,5	4,7	4,4	4,6	4,9	4,2	5.6	3,8	5,0	6,2	5,8	6,05
G. O.	3,1	2,9	2,5	1,9	1,9	1,8	2,2	2,1	2,1	1,1	1,85	1,65
G. U.	3,3	3,2	3,2	2,3	3,4	3,3	2,9	2,6	2,4	4,1	3,4	3,0
B. O.	4,6	4,2	3,22	2,2	6,75	7,35	9,8	10,9	15,8	9,9	6,0	8,8
B. U.	3,2	8,6	2,5	12,2	4,2	3,25	14,1	13,8	16,4	7,8	5,5	9,0

MgO.

Korngröße mm	0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,3	0,5	< 1	< 2	< 5
D. O.	13,8	11,9	12,0	13,57	15,02	18,0	18,17	19,12	19,8	21,26	21,12	21,24
D. U.	15,6	14,48	13,98	16,57	21,1	23,45	24,32	21,98	13,1	25,4	25,7	25,91
G. O.	4,34	3,87	3,76	2,75	2,64	1,91	2,09	2,2	2,11	2,53	2,86	2,89
G. U.	1,3	0,9	1,48	1,34	1,66	1,30	1,75	1,64	1,45	2,38	2,24	2,6
B. O.	5,5	2,28	1,12	1,77	2,3	2,64	3,87	5,38	7,4	6,73	7,13	5,5
B. U.	2,24	1,81	1,73	2,53	2,26	2,31	2,83	3,02	4,41	4,45	4,16	6,4

P_2O_5

D. O.	2,6	2,23	2,0	3,37	4,47	3,9	2,8	2,64	2,08	1,5	1,19	3,8
D. U.	0,25	0,42	0,68	0,69	0,83	0,7	1,3	2,4	2,16	2,42	2,03	1,9
G. O.	1,53	1,66	2,1	1,53	1,53	2,1	1,02	1,0	1,43	0,89	0,83	0,64
G. U.	3,4	2,8	2,67	2,8	2,67	2,3	1,02	0,92	0,89	0,89	0,89	0,9
B. O.	2,33	1,88	1,75	1,02	0,64	0,75	0,89	0,99	1,27	1,47	1,85	1,88
B. U.	1,59	1,21	1,18	1,12	1,02	1,03	1,40	1,37	1,08	1,38	1,37	1,65

Löslichkeit des Kalkes in Salzsäure.

a) im D. O.

Korngröße in mm			0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,30	0,5	< 1	< 2	< 5
D. O.	$CaCO_3$ als CaO		0,805	0,24	0,476	0,257	0,369	0,24	0,408	0,358	0,179	0,806	0,778	0,728
	in HC lösliche	Silikate	1,645	0,91	0,474	1,248	0,381	1,66	0,692	0,962	1,421	1,044	0,722	0,622
	in HCl unlösliche	Silikate	2,25	0,85	4,30	0,9	2,55	4,95	7,3	6,98	6,7	6,54	6,79	7,23

b) im D. U.

D. U	$CaCO_3$ als CaO		0.71	0,599	0,403	0,184	0,106	0,201	0,207	0,201	0,179	0,285	0,33	0,399
	in HCl lösliche	Silikate	1,04	0,751	0,847	2,716	1,444	0,699	2,543	2,229	2,871	0,815	3,57	3,401
	in HCl unlösliche	Silikate	0,75	3,35	3,15	1,7	3,35	3,3	2,85	1,37	2,45	5,1	1,9	2,25

Löslichkeit der Phosphorsäure.

a) im D. O.

D. O.	$MgCO_3$ als MgO		0,654	0,062	0,169	0,143	0,109	0,085	0,057	0,085	0,1	0,41	0,47	0,406
	in HCl lösliche	Silikate	7,576	4,768	5,801	6,137	7,051	11,415	11,843	12,215	14,5	13,14	13,21	14,434
	in HC unlösliche	Silikate	5,57	7,07	6,03	7,30	7,86	6,5	6,27	6,82	5,2	7,71	7,44	8,40

b) im D. U.

D. U.	$MgCO_3$ als MgO		0,674	0,654	0,587	0,659	0,592	0,798	0,396	0,439	0,229	0,425	0,458	0,769
	in HC lösliche	Silikate	10,526	13,446	12,403	13,221	15,808	17,802	19,904	17,261	12,321	16,375	18,742	17,531
	in HCl unlösliche	Silikate	4,4	0,38	1,0	2,88	5,7	4,85	4,02	4,28	0,55	8,6	6,5	7,61

Löslichkeit der Magnesia in Salzsäure.

a) im D. O.

D. O.	P_2O_5 in HC löslich		0,37	1,72	0,86	1,66	1,3	1,2	0,89	0,87	1,2	—	—	—
	P_2O_5 in HCl unlöslich		2,23	0,51	1,14	1,71	3,17	2,7	1,91	1,77	0,88	1,5	1,19	3,8

b) im D. U.

D. U.	P_2O_5 in HC löslich		0,25	0,32	0,38	0,28	0,18	0,305	0,102	0,94	0,95	0,45	1,02	0,38
	P_2O_5 in HC unlöslich		0	0,10	0,30	0,41	0,65	0,395	1,198	1,46	1,21	1,97	1,01	1,52

bezeichneten Reihen geben die Ergebnisse der Bauschanalyse, vermindert um die des salzsauren Auszuges, an.

Unterschiede zwischen Oberkrume und Untergrund sind festzustellen, wenn man die Salzsäure-Löslichkeit von Kalk, Magnesia und Phosphorsäure in den beiden Bodenschichten des Diabasbodens vergleicht. Stellt man die Ergebnisse des salzsauren Auszuges denen der Bauschanalyse gegenüber, so ist deutlich zu erkennen, daß im Untergrund durch Salzsäure mehr Phosphorsäure und vor allem mehr Kalk — abgesehen von den Spuren des vorhandenen Gipses — und Magnesia von den überhaupt vorhandenen Mengen in Lösung gehen.

Dieses Verhalten ist aller Wahrscheinlichkeit nach darauf zurückzuführen, daß der Untergrund die Verwitterungsschicht darstellt und als solche die Salze in einer leichter löslichen Form enthält als die Oberkrume.

Die Ergebnisse der Bauschanalyse im Vergleich zu früheren Untersuchungen.

Vergleicht man die Resultate der Bauschanalysen mit den Ergebnissen, die Puchner fand, so ist zu berücksichtigen, welche Bodenart untersucht wurde und in welche Korngrößen die Böden zerlegt worden sind.

Puchner [1]) hat zu seinen Untersuchungen Böden sekundären Ursprungs verwendet und zwar folgende: Tertiärer Verwitterungslehm, Löß und diluvialer Gneisverwitterungsboden. Die Korngrößen, die chemisch untersucht wurden, waren $< 0{,}0015$, 0,0015, 0,005 und 0,010 mm. Es sind

[1]) Puchner: Ueber die Verteilung von Nährstoffen in den verschieden feinen Bestandteilen des Bodens. Landwirtschaftl. Versuchsstationen 1907 Bd. 66 S. 465.

Bodenteile von $< 0{,}015$—0,010 mm, die kleinste Korngröße, wie sie mit dem Hilgard'schen Schlämmapparat gewonnen wird, nochmals mit dem Fadejeff-Williams'schen Verfahren in vier Teile zerlegt worden.

Bei den Untersuchungen von Puchner hatte sich herausgestellt, daß mit zunehmender Feinheit der Bodenteile deren Gehalt an Eisen und Tonerde zunimmt.

Auch meine Untersuchungen haben dasselbe Ergebnis gezeigt. Der Grund für diese Tatsache liegt aller Wahrscheinlichkeit darin, daß sich das gelöste Eisen als Oxyd und als Oxydsalz auf der Oberfläche der Bodenteilchen niederschlägt. Da nun die kleinsten Bodenteile die größte Oberflächensumme haben, so muß bei diesen Teilen der größte Gehalt an Eisen auftreten; dies gilt vermutlich für alle Mineralböden, die durch Verwitterung unter Zutritt von Luft entstanden sind.

Ueber den Gehalt an Alkalien in Bodenteilen verschiedener Grösse

liegen die Untersuchungen von Puchner, Williams,[1]) Sachse[2]) und Borzuchowski[3]) vor.

Bei den Untersuchungen von Puchner hatte sich herausgestellt, daß der Gehalt an Alkalien mit zunehmender Korn-

---

[1]) Williams: Untersuchungen über mechan. Bodenanalyse. Wollny: a. a. O. 1895, Bd. XVIII, S. 271.

[2]) Sachse: Der Löß in landwirtschaftlicher Beziehung. Chem. Centralblatt 7. Jahrgang Bd. I S. 752.

[3]) Borzuchowski: Zusammenhang der Menge der im gesamten Ackerboden und in den abschlämmbaren Teilen enthaltenen Pflanzennährstoffe mit der Fruchtbarkeit des Bodens. Diss. Leipzig 1893.

größe ein geringerer wurde. — Die Untersuchungen William's dagegen haben gezeigt, daß der Kaligehalt schlammiger Produkte auf 9—10% steigen kann. — Ebenso fand Sachse bei Untersuchungen von Löß, daß die abschlämmbaren Teile stets kalireicher waren. Dieselben Ergebnisse hatte Borzuchowski bei Untersuchung einer Reihe anderer sekundärer Böden.

Puchner deutet den verschiedenen Kaligehalt der feinsten Bodenteile damit, daß den von ihm untersuchten Böden mit fortschreitendem Zerfall Kali entzogen wird. In den Zersetzungsprodukten des Gesteins sind keine Substanzen enthalten, die die Absorption der durch Verwitterung frei werdenden Alkalien zu bewirken vermögen. Es tritt dann der Fall ein, daß die feinsten Teile alkalienarm werden. Können aber die Zersetzungsprodukte die freien Salze wieder binden, so kann das Gegenteil stattfinden, nämlich, daß die feinsten Teile eine Anreicherung an Alkalien zeigen.

Die angeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß die feinsten Teile der sekundären Böden bald reicher, bald ärmer an Alkalien sein können.

Durch meine Untersuchung primärer Böden ist festgestellt, daß diese sich zum Teil ebenso wie die sekundären verhalten; zum Teil ist der Alkaliengehalt unregelmäßig in den einzelnen Korngrößen verteilt.

d) Die Karbonate von Kalk und Magnesia in den untersuchten Böden.

Siehe Tabelle Seite 54.

Die kohlensaure Magnesia ist nur in den Diabasböden bestimmt worden, da alle anderen keine wägbaren Mengen enthielten.

Bei sämtlichen untersuchten Böden ist der Karbonatgehalt

Der kohlensaure Kalk.

Korngröße in mm	0,016	0,025	0,036	0,047	0,072	0,12	0,16	0,3	0,5	< 1	< 2	< 5
D. O.	1,92	0,437	0,856	0,464	0,66	0,433	0,73	0,64	0,32	1,44	1,39	1,3
D. U.	1,276	1,076	0,728	0,337	0,196	0,369	0,375	0,367	0,2	0,517	0,596	0,606
G. O.	1,98	0,569	0,678	0,464	0,41	5,517	0,248	0,221	0,2	0,249	0,23	0,214
G. U.	0,143	0,078	0,035	0,024	0,025	0,053	0,028	—	0,059	0,21	0,214	0,285
B. O.	0,96	0,277	0,134	0,107	0,14	0,374	0,492	—	—	0,606	0,607	0,589
B. U.	0,482	0,357	0,34	0,339	0,303	0,32	0,178	0,14	0,14	0,71	0,731	0,83

Die kohlensaure Magnesia.

D. O.	1,37	0,131	0,355	0,302	0,234	0,146	0,12	0,19	0,212	0,86	0,99	0,85
D. U.	1,41	1,37	1,23	1,38	1,24	1,67	0,83	0,92	0,48	0,48	0,96	1,61

in den feinsten Teilen ein hoher. In den sandigen Bildungen tritt dagegen eine Abnahme ein, die ihren tiefsten Punkt in den Korngrößen von 0,047—0,5 erreicht. Von hier ab steigt dann der Karbonatengehalt wieder an.

Dieses Ergebnis stimmt überein mit dem, welches sich bei Keilhacks[1]) Untersuchungen von Teilprodukten des Geschiebemergels auf ihren Gehalt an kohlensauren Kalk ergab:

Verteilung der Kalkkarbonate im Geschiebemergel.

Korngröße in mm	< 0,01	0,01—0,05	0,05—0,1	0,1—0,5	0,5—2	> 2
	14,95	5,04	5,58	3,48	10,28	64,4
Geschiebemergel	14,7	12,10	5,44	3,90	2,17	40,0
	17,59	7,07	2,94	0,96	3,85	41,25

Faßt man die Ergebnisse der von mir untersuchten Böden so zusammen, daß die durchschnittlichen Korngrößen ungefähr den von Keilhack untersuchten entsprechen, so tritt die Uebereinstimmung noch deutlicher hervor.

Kalk-Karbonate.

Korngröße mm	0,016	0,016—0,047	0,047—0,12	0,12—0,5	0,5—2	> 2
D. O.	1,92	0,586	0,549	0,56	1,42	1,30
D. U.	1,27	0,714	0,282	0,354	0,556	0,606
G. O.	1,92	0,57	0,463	0,225	0,239	0,214
G. U.	0,143	0,046	0,039	0,044	0,212	0,285
B. O.	0,96	0,173	0,257	v.	0,606	0,589
B. U.	0,482	0,345	0,312	0,159	0,72	0,83

Magnesium-Karbonate.

D. O.	1,37	0,263	0,19	0,141	0,92	0,85
D. U.	1,41	1,32	1,45	0,74	0,92	1,61

[1]) Keilhack: Einführung in das Verständis der geologisch-agronomischen Spezialkarten des norddeutschen Flachlandes. Berlin 1901 S. 27.

Die von Keilhack bei den Schlämmprodukten des Geschiebemergels festgestellte Gesetzmäßigkeit der Karbonatverteilung findet sich in den Bodenteilen der hier untersuchten Böden. Erklärlich ist der hohe Karbonatgehalt der feinsten Teile, da diese nur aus Verwitterungsprodukten bestehen und die Karbonate hier ein solches darstellen. Für den Gehalt an $CaCO_3$ der Grobsande und des Gruses lassen sich keinerlei Beziehungen finden.

Zu bemerken ist, daß der Karbonatgehalt der hier untersuchten Böden nicht sein Maximum in den größten Bodenteilchen erreicht wie im Geschiebemergel. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß bei den krystallinischen Gesteinen der gesamte Kalkgehalt ursprünglich als kieselsaurer vorhanden ist und erst in kohlensauren übergeführt werden muß. Dashalb müssen die feinsten Teile den höchsten Karbonatgehalt aufweisen.

Ferner erreicht der Karbonatgehalt der groben Bodenteile in der Regel nicht in Bodenteilen über 2 mm Größe die höchste Stufe, sondern schon in Teilen mit geringerem Durchmesser, da bei den größeren Stücken meist ein unverwitterter Kern vorhanden ist.

Ein anderes Ergebnis dagegen hatte Meyer[1]) bei Untersuchungen von sekundären Böden und eines Granitverwitterungsbodens. Für letzteren fand er, daß von 100 Teilen an CO_2 gebundenen Kalkes vorhanden waren im Staub 48,3, im Feinsand 27,1 und in Teilen $>$ 0,2—6 mm 24,1 Teile.

---

[1]) Meyer: Die Kalksteinverbindungen der Ackererden und die Bestimmung des assimilierten Kalkes im Boden. Landw. Jahrbücher 1900 Bd. 29 S. 943.

Von Meyer ist wieder eine andere Zerlegung des Bodens vorgenommen worden, so daß man sein Ergebnis nicht mit dem hier gefundenen vergleichen kann. Für die Verteilung der Karbonate in den sekundären Böden stellte er fest, daß sich keine festen Gesichtspunkte hierfür aufstellen lassen.

Dadurch, daß Meyer die Bodenteile von 0,2—6 mm Größe zusammenfaßt, vereinigt er die Teile mit niedrigsten und höchsten Karbonatgehalt. Denn nach den Untersuchungen von Keilhack ist der niedrigste Karbonatgehalt in den Teilen von 0,1—0,5 mm Durchmesser und der höchste Kalkgehalt in den größeren Stücken vorhanden. Durch die Zusammenfassung der Teile von Meyer ist nun ein Ausgleich geschaffen, so daß sich das Maximum und Minimum gegenseitig aufheben müssen.

Beziehungen zwischen Korngrösse und Verteilung der Pflanzennährstoffe in diesen.

Faßt man die Ergebnisse der Untersuchungen der einzelnen Korngrößen zusammen, so kommt man zu dem Schluß, daß Eisen und Tonerde bei den Mineralböden, die durch Verwitterung unter Zutritt von Luft entstanden sind, am meisten in den feinsten Teilen vorhanden sind.

Die Alkalien im Boden sind bald in den feinsten, bald in den größten Bodenteilen am meisten vertreten. In den primären Böden gilt für die Verteilung teils dieselbe Gesetzmäßigkeit, teils sind sie unregelmäßig auf die verschiedenen Bodenteile verteilt.

Die Gesetzmäßigkeit in der Verteilung der Karbonate ist in den hier untersuchten primären Böden im allgemeinen dieselbe wie beim Geschiebemergel.

Für alle anderen Pflanzennährstoffe können aus der chemischen Untersuchung keine Beziehungen zwischen Korngröße und Pflanzennährstoff festgestellt werden. Der Gehalt an Nährstoffen in den einzelnen Korngrößen geht ausschließlich der Menge solcher Mineralien parallel, die an der Zusammensetzung der Bodenteile einer bestimmten Korngröße beteiligt sind. Die einzelnen Bodenteile müssen also in die Bestandteile zerlegt werden, die sie zusammensetzen, um aus deren Zusammensetzung und Menge Schlüsse auf die Menge der Nährstoffe in diesen Korngrößen ziehen zu können.

e) 1. Die Zerlegung der Anteile von verschiedener Korngrösse in ihre Mineralien

wurde durch Einbringen der Bodenteile in Flüssigkeiten von verschiedenem spezifischem Gewicht bewirkt, die nach dem von Goldschmidt[1]) angegebenen Verfahren hergestellt wurden.

Die Flüssigkeit besteht aus Jodkali und Quecksilberjodid in dem Gewichtsverhältnis von $KI : HgI_2 = 1 : 1{,}239$, da gerade bei diesem Mischungsverhältnis nach den Feststellungen Goldschmidts die größte Dichte erzielt wird.

Das Wasser, das nötig ist, um eine bestimmte Menge der Salze aufzulösen, wurde nicht, wie dies Goldschmidt vorschreibt, genau abgemessen. Denn einerseits ist eine Verdunstung des Wassers nicht zu vermeiden, da die Auflösung der Salze längere Zeit in Anspruch nimmt; andererseits bekommt man durch Auswaschen der Gefäße beim Filtrieren

[1]) Goldschmidt: Ueber die Verwendbarkeit einer HgJ_2- und KJ-Lösung bei mineralischen und petrographischen Untersuchungen. Neues Jahrbuch der Mineralogie. I. Beilageband S. 179.

überschüssiges Wasser in die Lösung. Ist zuviel Wasser in der Flüssigkeit, so kann man dies leicht durch Abdampfen entfernen. Dies wird solange fortgesetzt, bis sich eine kristalline Haut zu bilden beginnt. Die Lösung hat dann nach der Abkühlung, wobei Verdichtung eintritt, das Maximum des spezifischen Gewichtes erreicht. Dies betrug bei meiner Lösung 3,16.

Ist zu viel Wasser abgedampft, so scheiden sich nadelförmige Kristalle von Kalium-Quecksilberjodid ab, die sich aber sofort nach Zusatz von einigen Tropfen Wasser wieder auflösen.

Das spezifische Gewicht wurde mit dem Pyknometer bestimmt.

Das spezifische Gewicht wird merklich von der Temperatur und von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft beeinflußt, so daß Goldschmidt im Sommer nur ein spezifisches Gewicht von 3,17 erzielen konnte, während es im Winter 3,196 betrug.

Zur Ausführung der Mineraltrennung

mittels dieser Lösung wurde 1 g Substanz genau abgewogen. Die gröbsten Korngrößen wurden in der Reibschale zerkleinert und im Schlämmapparat von den feinsten Teilchen befreit, weil sonst in der Flüssigkeit keine scharfe Trennung der schwimmenden und zu Boden sinkenden Teile eintrat. Durch die Zerkleinerung der groben Teile und durch das Abschlämmen der durch die Zerkleinerung entstandenen feinen Teile kann aber bewirkt werden, daß eine Verschiebung des Verhältnisses der Mineralien eintritt. Es mußte aber so verfahren werden, da die feinsten Teile überhaupt nicht zur

Ruhe kamen; deshalb sind die Bodenteile auch nur bis zu 0,047 mm Größe herab zur Untersuchung herangezogen worden.

Um Lösungen von einer bestimmten Dichte zu erhalten, wurde solange zur gesättigten Lösung tropfenweise Wasser zugesetzt, bis die Bestimmung des spezifischen Gewichtes mit dem Pyknometer die gewünschte Dichte ergab.

Die Trennung der Mineralien wurde in kleinen Bechergläschen mit 40—50 ccm Inhalt vorgenommen. Und zwar wurde 1 g Boden zuerst in die schwerste Flüssigkeit gebracht. Durch gutes Umrühren wurden möglichst alle adhärierenden Luftbläschen beseitigt; nach einigen Minuten ruhigem Stehenlassen wurden die schwimmenden Teilchen mit einer Feder auf ein Filter gebracht und gut ausgewaschen, getrocknet und in die spezifisch leichtere Flüssigkeit gebracht. Die zu Boden gesunkenen Teile wurden ausgewaschen, gewogen und das Gewicht auf Prozente umgerechnet. Der letzte Rest wurde als „tonige Bestandteile" bezeichnet.

Bei der Untersuchung des in verschiedenen Verwitterungsstadien befindlichen Bodenmaterials stellen sich aber Schwierigkeiten ein, die durch die Unterschiede des spezifischen Gewichts ein und desselben Minerals bedingt sind. Schon im unverwitterten Zustande schwankt das spezifische Gewicht z. B. des Augits zwischen 2,88 und 3,5.

Weitere Unsicherheiten werden dadurch hervorgerufen, daß die verschiedenartigsten Mineralien zum Teil verwachsen sind. Auch liegen die spezifischen Gewichte verschiedener Mineralien so eng zusammen, daß nur eine Trennung im unverwitterten Zustande möglich wäre.

Aus diesen angeführten Tatsachen ergibt sich, daß diese Methode der Mineral-Trennung nur dann Anspruch auf Ge-

nauigkeit machen kann, wenn Gemische frischer Mineralpulver zur Analyse vorhanden sind. Da es sich aber hier um eine grobe Trennung handeln kann und einige Prozente keine Rolle spielen, ist diese Methode trotzdem angewandt worden.

2. Die mineralische Zusammensetzung

der untersuchten Gesteine findet sich in den Erläuterungen zu den geologischen Karten. Es besteht Diabas [1]) aus:

Oligoklas	Chlorit	Augit
Albit	Titaneisen	Apatit
	Calcit	

Granit [2])

Orthoklas	Oligoklas	Biotit
Apatit	Quarz	

Basalt [3])

Oligoklas	Augit	Magneteisen
	Olivin	

Die spezifischen Gewichte der Mineralien sind folgende:

Oligoklas	2,65—2,67	Orthoklas	2,53—2,60
Augit	2,88—3,5	Biotit	2,8 —3,2
Titaneisen	4,3 —4,9	Quarz	2,65
Chlorit	2,65—2,97	Albit	2,62 - 2,67
Apatit	3,6 —3,22	Calcit	2,6 —2,8
Olivin	3,2 —3,6.		

---

[1]) Erläuterungen zur geolog. Spezialkarte Sektion Zeulenroda. S. 48 u. 49.

[2]) Erläuterungen z. geolog. Spezialkarte Sektion Freiberg. S. 32.

[3]) Gelog. Spezialkarte des Großherzogtums Hessen: Sektion Alsfeld S. 19.

Verteilung der Mineralien in den einzelnen Bodenfraktionen in Prozenten des lufttrockenen Bodens.

Korngröße in mm . . .		0,047	0,072	0,12	0,16	0,5	<1	<2	<5
D O.	Kalknatronfeldspat	16,38	16,38	8,57	28,43	39,85	16,92	12,54	11,21
	Augit	10,08	21,11	23,03	32,62	34,04	52,20	33,78	37,58
	Tonige Bestandteile	70,13	58,44	65,19	34,70	23,78	45,44	45,0	56,23
D. U.	Kalknatronfeldspat	v.	22,10	6,92	7,92	18,27	35,98	24,86	22,20
	Augit	v	5,17	25,22	21,68	23,28	13,08	15,17	19,56
	Tonige Bestandteile	v.	71,56	70,29	73,04	58,41	40,04	40,69	45,78
G. O	Kalknatronfeldspat	9,69	7,06	6,79	8,51	7,82	4,62	9,34	4,51
	Orthoklas + Quarz	67,41	67,14	58,54	76,57	69,81	75,76	64,9	62,76
	Tonige Bestandteile	21,0	22,74	32,62	15,4	22,12	14,46	17,11	21,83
G. U.	Kalknatronfeldspat	15,37	11,56	9,56	8,71	7,51	7,85	8,48	6,66
	Orthoklas + Quarz	51,35	76,16	55,09	75,04	82,92	55,17	59,0	66,04
	Tonige Bestandteile	32,56	10,76	34,36	14,17	9,77	27,1	23,14	17,15
B. O.	Kalknatronfeldspat	29,30	28,17	25,74	34,22	22,34	32,25	39,56	46,91
	Augit	9,62	9,26	9,09	9,52	14,62	9,05	8,0	7,03
	Tonige Bestandteile	57,54	62,08	55,68	55,42	62,0	42,3	39,11	34,46
B. U.	Kalknatronfeldspat	27,66	18,28	9,86	11,7	22,7	26,18	23,56	30,05
	Augit	8,76	8,58	9,2	10,33	14,21	12,04	6,55	6,08
	Tonige Bestandteile	59,91	71,08	77,81	77,23	60,18	60,13	60,13	59,58

Da einige der angeführten Mineralien einen sehr geringen Anteil an der Zusammensetzung des Gesteines haben, sind nur die Hauptmineralien bestimmt worden. Diese sind: Oligoklas, Orthoklas und Augit. Für die spezifischen Gewichte wurden die niedrigsten der angegebenen Werte angenommen. Als Hauptmineral kommen für Diabas und Basalt Oligoklas und Augit in Betracht, währen Granit hauptsächlich aus Oligoklas, Orthoklas und Quarz besteht.

Bei der Abscheidung des Orthoklas aus dem Granitboden stellte sich aber die Schwierigkeit ein, daß mit dem Orthoklas zusammen Quarz bestimmt wird. Obgleich die spezifischen Gewichte beider um 0,12 auseinander liegen, bekommt man stets bei der Trennung zu hohe Werte für Orthoklas. Die Werte für Orthoklas mußte man für zu groß ansehen, da im Verhältnis zu der gefundenen Menge Orthoklas der Kaligehalt zu niedrig war.

Aus diesem Grunde ist in der Tabelle die Summe beider Mineralien angegeben.

Ebenso bestehen bei der Untersuchung der Diabasböden die in der Lösung zu Boden sinkenden Teile nicht aus einem Mineral, sondern aus verschiedenen. Deshalb läßt die Mineralbestimmung in diesen beiden Böden keinen Schluß zwischen einem Mineral und dem Nährstoffgehalt in den verschiedenen Korngrößen zu.

Es bleibt nur der Basaltboden, dessen Muttergestein im wesentlichen aus zwei Mineralien: Oligoklas und Augit besteht, neben denen eine geringe Spur von Magneteisen vorhanden ist.

Der Oligoklas kann allein die Quelle des Natrons sein, da Augit keine Alkalien enthält. Der Natrongehalt der einzelnen Korngrößen muß also deren Gehalt an Oligoklas parallel gehen.

Der Kalk im Basaltboden stammt zum größten Teil aus dem Augit, zum anderen auch aus dem Plagioklas.

In der Tabelle ist nur der Augit mit dem Kalkgehalt verglichen, da es scheint, als ob der Kalk von diesem Mineral in erster Linie abhängig wäre. Denn tatsächlich geht einem Steigen des Kalkgehaltes ein Anwachsen der Menge des Augit parallel.

Für Kalk, Magnesia und Phosphorsäure lassen sich die Mineralien, deren Hauptbestandteile diese Salze ausmachen, nicht isolieren.

Korngröße in mm . . .	0,047	0,072	0,12	0,16	0,5	<1	<2	<5
Na_2O im B. O.	6,34	6,008	4,54	5,71	6,05	6,62	6,98	7,67
Kalknatronfeldspat im B O.	29,30	28,17	25,74	34,22	22,34	32,25	39,56	46,91
Na_2O im B. U.	16,52	9,47	4,59	16,58	17,57	11,51	9,44	11,25
Kalknatronfeldspat im B. U.	27,66	18,28	9,86	21,7	22,70	26,18	23,56	30,05
CaO im B. O.	2,141	6,672	7,141	9,525	15,8	9,56	5,66	8,471
Augit im B. O. . . .	9,62	9,26	9,09	9,52	14,62	9,05	8,0	7,03
CaO im B. U.	12,011	4,031	3,071	14,001	16,32	7,403	5,09	8,536
Augit im B. U. . . .	8,76	8,58	7,20	10,33	14,21	12,04	6,55	6,08

In der Tabelle ist der Kalkgehalt unter Abzug des kohlensauren Kalkes angegeben, da sich die Carbonate als Verwitterungsprodukt in den tonigen Bestandteilen befinden.

Da in den angeführten Zahlen für den Gehalt an Natron und Kalk in den einzelnen Korngrößen auch der Gehalt der tonigen Bestandteile an Kalk und Natron mit einbegriffen ist, da ferner bei den unvermeidlichen Fehlergrenzen dieser Mineraltrennungsmethode geringe Unterschiede des Mineralgehaltes der einzelnen Korngrößen nicht zur Geltung kommen, so treten nur bei solchen Korngrößen Beziehungen zwischen Pflanzennährstoff und Mineralgehalt deutlich hervor, die einen hohen Gehalt an Pflanzennährstoff besitzen.

Deshalb lassen sich auch in der Basalt-Oberkrume, wo der Natrongehalt auf alle Korngrößen ziemlich gleichmäßig verteilt ist, die Beziehungen zwischen Natron und Oligoklas nicht deutlich erkennen. Im Basalt-Untergrund dagegen, wo in einigen Korngrößen eine große Anreicherung an Natron zu bemerken ist, kann man sehen, wie dem steigenden Natron-

gehalt der einzelnen Korngrößen ein Steigen des Oligoklas parallel geht.

Durch die Mineraltrennung findet auch der hohe Kalkgehalt einiger Korngrößen seine Erklärung. In den Teilen von 0,5 mm Durchmesser der Basalt-Oberkrume und in denen von 0,16 und 0,5 mm Durchmesser des Untergrundes entspricht dem hohen Kalkgehalt eine große Menge Augit.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß für die untersuchten Böden die Mengen eines Pflanzennährstoffes in den Anteilen einer Korngröße dadurch zu erklären sind, daß in dieser eine besonders große Menge eines diesen Pflanzennährstoff enthaltenden Minerals vorhanden ist. Deshalb können die Pflanzennährstoffe in den einzelnen Korngrößen keine gesetzmäßige Verteilung besitzen. Ihre Menge ist allein abhängig von dem zufälligen Vorhandensein solcher Mineralien, die an der Zusammensetzung des Anteils einer Korngröße beteiligt sind. Ausgenommen sind Eisen und Carbonate von Kalk und Magnesia, die in ihrer Verteilung in den einzelnen Korngrößen eine gewisse Gesetzmäßigkeit zeigen.

IV. Zusammenfassung.

Faßt man die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen, so kommt man zu dem Schluß, daß die mit der Schlämmanalyse erhaltenen Teile einer Korngröße nicht gleicher Größe sind. Einmal beruhen die Unterschiede der einzelnen Teilchen, wie die mikroskopischen Messungen gezeigt haben, auf der verschiedenen Oberflächengestalt. Diese bewirkt im aufsteigenden Wasserstrom, daß Teilchen mit großer Oberfläche infolge des Reibungswiderstandes in Anteile zu kleiner Korngröße abgeschlämmt werden.

Ferner kommt das verschiedene spezifische Gewicht in Frage. Je größer die Korngrößen sind, desto größer sind auch die Unterschiede der Teilchen.

Ueber die mechanische Analyse der hier untersuchten Böden ist zu bemerken, daß verschiedene Schlämmanalysen ein und desselben Bodens stets andere Resultate liefern, daß diese verschiedenen Ergebnisse auf Zufälligkeiten bei der Probeentnahme zurückzuführen sind.

Die Untersuchungen über die Hygroskopizität der Bodenteile verschiedener Größe haben ergeben, daß auch die größeren Bodenteile hygroskopisch Wasser festhalten können Die Hygroskopizität der untersuchten Korngrößen ist durch innere Hohlräume, die durch Einfluß der Verwitterung hervorgerufen werden, bedingt. **Die Hygroskopizität ist daher für die untersuchten Böden nicht eine der äußeren Bödenoberfläche proportionale Größe.** Denn nach der Theorie müssen die Werte für die Hygroskopizität mit zunehmender Korngröße abnehmen.

In der Hygroskopizität ist somit nicht die Korngröße der den Boden zusammensetzenden Teilchen mit enthalten. Daraus geht hervor, daß Böden trotz gleicher mechanischer Zusammensetzung stets eine andere Hygroskopizität besitzen wenn ihre mineralogische Zusammensetzung und ihr Verwitterungszustand verschieden ist.

Durch die chemische Analyse ist festgestellt, daß Beziehungen zwischen den einzelnen Korngrößen und den in ihnen enthaltenen Pflanzennährstoffen nur für Eisen und für die Karbonate von Kalk und Magnesia vorhanden ist. Eisen ist am meisten in den kleinsten Teilen vertreten.

Der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia haben in den hier untersuchten Böden dieselbe Verteilung in

den einzelnen Bodenteilen wie im Geschiebemergel. Feinste Teile und Grand sind karbonatreich; in den sandigen Bildungen läßt sich deutlich eine Abnahme an diesen Verbindungen erkennen.

Alle anderen bestimmten Pflanzennährstoffe: Gesamt-Kalk und Magnesia, Phosphorsäure, Kali und Natron zeigen eine unregelmäßige Verteilung in den einzelnen Bodenteilen. Ihre Menge in den einzelnen Korngrößen ist allein abhängig von der Menge solcher Mineralien, die an der Zusammensetzung einer bestimmten Korngröße beteiligt sind.

Am Schlusse dieser Arbeit erlaube ich mir Herrn Prof. Dr. Bode meinen verbindlichsten Dank für die Anregung zu diesen Untersuchungen und die liebenswürdige Unterstützung bei ihrer Ausführung auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Curt Busch, evangelischer Konfession, wurde am 22. Juli 1885 als Sohn des Gutsbesitzers Gustav Busch zu Schönburg geboren. Zunächst besuchte ich die Elementarschule meines Heimatortes. Ostern 1895 trat ich in die Sexta des Domgymnasiums zu Naumburg ein und verließ die Anstalt Michaelis 1904 mit dem Zeugnis der Reife. Nach Ableistung eines Militärjahres und eines praktischen Jahres studierte ich in Jena und Halle Landwirtschaft. Am 6. März 1911 wurde ich auf Grund der vorliegenden Dissertation nach bestandenem Rigorosum von einer hohen philosophischen Fakultät der Universität Halle-Wittenberg zum Doktor designiert.

Während meiner Studienzeit besuchte ich Vorlesungen und Uebungen bei folgenden Herren Professoren:

in Jena: Edler, Knorr, Linck, v. Nathusius, Pierstorff, Stahl Winkelmann.

in Halle: Bauch, Bode, Conrad, Disselhorst, Dorn, Ebbinghaus †, Haecker, Holdefleiß, Karsten, Kühn †, Litten, Luedecke †, Mez, Menzer, v. Nathusius, Raape, Schneidewind, Steinbrück, Taschenberg, Vorländer, Walther, Wohltmann.